DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 13. Januar 1928 | Heft 2

Blausäuredurchgasungen zur Schädlingsbekämpfung.

Von Otto Hecht, Hamburg.

(Aus dem Institut für Schiffs- und Tropenkrankheiten.)

In den Jahren nach dem Kriege hat die Bekämpfung wirtschaftlich oder hygienisch bedeutungsvoller Schädlinge in Deutschland einen erheblichen Aufschwung genommen. Das Studium der Schädlinge und ihrer Lebensweise, die Erfindung wirksamer Bekämpfungsmittel und die Erforschung von Möglichkeiten zur Vorbeugung von Schädlingsplagen erfahren jetzt auch bei uns eine eingehende Pflege; diese entspricht zwar noch nicht dem durch die wirtschaftliche Bedeutung des Gegenstandes gebotenen Maße. Immerhin hat die Zusammenarbeit von Biologen und Chemikern in den letzten 10 Jahren schon eine sehr beachtenswerte Reihe von neuen Wegen gewiesen, die eine wirksame und nutzbare Bekämpfung wichtiger Schädlinge ermöglichen. Ein paar kurze Hinweise sollen uns zunächst andeuten, wie heute die Schädlingsbekämpfung eine bedeutsame Rolle auf ganz verschiedenen Produktionsgebieten spielt.

Seit 3 Jahren etwa bekämpft man den *Heu- und Sauerwurm* — das sind die Räupchen eines kleinen Schmetterlings (Clysia ambiguella), die zuerst den Blütenständen der Reben und sodann den Beeren gefährlich werden — durch Bespritzungen oder Bestäubungen der Weinstöcke mit *Arsenmitteln* (vorwiegend Schweinfurter Grün oder Calciumarsenat). In der bayrischen Pfalz allein wurden 1925 nach Sprengel 500000 kg Arsenmittel gegen den Heu- und Sauerwurm gebraucht, und inzwischen dürfte die Anwendung der betreffenden Bekämpfungsmaßnahmen in noch viel größerem Maßstabe Allgemeingut des deutschen Weinbaues geworden sein.

Mannigfache Nachrichten in den Tageszeitungen lenkten vor 2 Jahren das Interesse weiter Bevölkerungskreise auf Versuche, Forstschädlinge, z. B. *Nonne* und *Forleule*, durch *Ausstreuen von Arsenverbindungen vom Flugzeug* aus zu bekämpfen. Diese Unternehmungen müssen vorläufig noch als erste Versuche gewertet werden, und wir können noch nicht absehen, in welchem Maße das Verfahren für die forstliche Praxis bei uns Bedeutung finden wird.

Auch im *Obstbau* kommt eine Schädlingsbekämpfung auf breiter Grundlage immer mehr in Gebrauch. In einem der größten zusammenhängenden Obstbaugebiete Deutschlands, in den an der Niederelbe gelegenen „Alten Landen", wurde im letzten Jahr ein behördlich angeordneter Kampf gegen die dortigen Schädlingsplagen, vorwiegend den *Apfelblattsauger* (Psylla mali), und einige Schildlausarten durchgeführt. Sämtliche Obstbäume — die ganze Landschaft ist dort dicht mit solchen bepflanzt — wurden einer gründlichen Bespritzung während der winterlichen Vegetationsruhe mit guten, vorher geprüften *„Obstbaumcarbolineen"* unterzogen, um die an den Zweigen abgelegten Eier des Apfelblattsaugers abzutöten und so den Befall der Blütenstände durch die Larven dieses Insektes zu verhindern. Die Bespritzung der Bäume wurde dort unter Verwendung zahlreicher Motorspritzen durchgeführt, die zum Teil mit Hilfe öffentlicher Gelder beschafft worden waren.

Ein eigenartiges Großverfahren in der Schädlingsbekämpfung bildet der Schutz von großen Wollvorräten gegen den Fraß von Motten durch die sog. *Eulanbehandlung*. Die betreffenden Materialien werden mit diesem Mittel getränkt und sind dann für die Motten ungenießbar.

Im folgenden werden wir uns ausführlich mit einem modernen, technisch besonders reizvollen Bekämpfungsverfahren, den *Blausäuredurchgasungen*, beschäftigen.

Zur Vernichtung der in geschlossenen Räumen vorkommenden Schädlinge, also besonders zur Beseitigung von Schädlingen in Lagerwaren, Lebensmittelvorräten usw. und zur Vernichtung von Wohnungsungeziefer kommen *gasförmige Bekämpfungsmittel* häufig in Betracht. Es leuchtet ein, daß zur Bekämpfung von Schädlingen, die im Innern großer Vorratsmassen und in Lagerwaren ihre verheerende Wirkung entfalten, oder die, wie z. B. die Bettwanze, ihre Schlupfwinkel und Eiablagestätten zum Teil in den Ritzen und Fugen der Wände besitzen, ein Gas ganz entschiedene Vorzüge besitzt; denn nur ein Gas von hohem Durchdringungsvermögen ist fähig, die Schädlinge und ihre Brut in den verborgensten Schlupfwinkeln zu erreichen.

Eine ganze Reihe von Gasen ist schon zur Bekämpfung von Schädlingen in geschlossenen Räumen angewendet worden, besonders häufig die schweflige Säure, der Schwefelkohlenstoff und das Kohlenoxyd, doch besitzen diese genannten Gase leider alle irgendeinen ins Gewicht fallenden Nachteil. Die *schweflige Säure* zeigt zuweilen unvollkommene Wirkung und ist vor allem für viele Lagerwaren und Einrichtungsgegenstände, Farben, Metalle usw. schädlich. *Schwefelkohlenstoff* ist in hohem Grade feuergefährlich und explosiv. Das *Kohlenmonoxydgas* erfordert zu seiner Entwicklung eine umständliche Apparatur und ist nur ein Gift für Wirbeltiere, es kann daher nur zur Ratten- und Mäusebekämpfung, nicht aber zur Vertilgung von Insekten herangezogen werden. Heute hat man Gelegenheit, in sehr vielen Fällen statt der eben genannten Gase das Blausäuregas anzuwenden.

Die *Blausäure* oder der *Cyanwasserstoff* ist ein

Gas mit *hochgiftigen Eigenschaften*, das daher schon in verhältnismäßig geringen Konzentrationen tierische Schädlinge leicht tötet. Gegen Bakterien ist Blausäure nur in sehr hohen, wirtschaftlich nicht mehr in Betracht kommenden Konzentrationen wirksam. Auch für den Menschen ist Blausäure hochgradig giftig, sie kann durch Lähmung des Atemzentrums im verlängerten Mark einen sehr raschen Tod herbeiführen. 60—70 mg Blausäure genügen, einen Menschen zu töten. Diese Menge würde bei Gasstärken, wie sie zur Schädlingsvernichtung in geschlossenen Räumen üblich sind, in etwa 5—10 Atemzügen aufgenommen werden. Merkwürdigerweise kann jedoch nach FLURY und HEUBNER eine Atmosphäre von 40 bis 50 mg Blausäure pro cbm noch ohne Schaden ertragen werden. Geringe wiederholt eingeatmete Blausäuremengen verursachen keinerlei chronische Schäden. Erst von einer bestimmten scharfen Grenze ab ist die Blausäure akut gefährlich, doch gibt es keinerlei Anhaltspunkte, die den Laien diese Grenze erkennen ließen; hierher rührt zu einem guten Teil der so gefährliche Charakter der Blausäure.

Es sind auch Fälle bekannt, in denen eingeatmete Blausäuremengen nicht sofort tödlich wirkten, sondern erst nach Stunden den Tod brachten. Ursache dieses Spättodes dürfte die Bindung des Cyanradikals an das Hämoglobin der roten Blutkörperchen sein, das dadurch die Fähigkeit verliert, den Sauerstoff als Oxyhämoglobin den einzelnen Geweben des Körpers zuzuführen. Ganz ähnlich wie bei der Leuchtgasvergiftung die Bildung von Kohlenoxydhämoglobin den Blutkörperchen die Erfüllung ihrer Aufgabe, Aufnahme und Abgabe von Sauerstoff verwehrt, verhindert auch bei der Blausäurevergiftung vermutlich die Bildung eines Cyanhämoglobins die Sauerstoffübertragung durch die roten Blutkörperchen. Die Gewebe des Körpers gehen daher an Sauerstoffmangel zugrunde (innere Erstickung). Nicht immer sind die Zeichen einer Blausäurevergiftung sofortige starke Ohnmacht und Lähmung des Atemzentrums; leichtere Vergiftungen äußern sich in Übelkeit, Schwindelgefühl, Erbrechen usw.; werden dann noch weitere Blausäuremengen eingeatmet, so nimmt die Vergiftung ernstlichere Formen an. Dies widerspricht vielleicht etwas der herrschenden Ansicht, daß kleine auch in verhältnismäßig kurzen Zeiten nacheinander eingeatmete Blausäuremengen sich in ihrer physiologischen Wirkung nicht addieren. Eine eingehende experimentelle Prüfung dieser Frage wäre dringend zu wünschen. Daß gewisse Insekten nur bei langer Einwirkungszeit abgetötet werden, spricht vielleicht auch für die Möglichkeit einer physiologischen Addition der toxischen Wirkung, wenngleich hier auch andere Gründe (die Fähigkeit mancher Insekten, den Atem sehr lange anzuhalten) in Betracht kommen können.

Die Gefährlichkeit der Blausäure bedingt, daß mit größter Vorsicht gearbeitet werden muß, und daß Blausäuredurchgasungen nur von einem besonders geschulten und gut disziplinierten Personal ausgeführt werden dürfen. Dieses ist zum *Schutz gegen das Gas* mit Gasmaken aus Leder oder gummiertem Drell ausgerüstet, in denen besondere Atemeinsätze die Reinigung der Atemluft von Blausäure besorgen. Aber nur eine richtig verpaßte und auf vollkommen dichten Sitz geprüfte Maske verleiht durchaus sicheren Schutz gegen das Gas. Die Atemeinsätze, in denen das Gas adsorbiert und gebunden wird, verbrauchen sich allmählich und müssen daher von Zeit zu Zeit (zum mindesten vor jeder größeren Durchgasung) ausgewechselt werden. Ein Atemeinsatz gewährt immerhin in den zur Schädlingsbekämpfung gebräuchlichen Gaskonzentrationen etwa 2 Stunden lang sicheren Schutz, eine Zeit, die völlig hinreichend ist. Die Benutzung von Sauerstoffschutzgeräten bei den Durchgasungsarbeiten ist heute völlig aufgegeben, da das Gewicht der Sauerstofftornister das körperliche Arbeiten allzu sehr behindert, und da die Handhabung der Gasmasken, die nun schon 8 Jahre in der Durchgasungspraxis erprobt sind, eine leichtere ist. Über die Ausführung von Blausäuredurchgasungen, die im deutschen Reich nur wenigen Firmen[1] erlaubt ist, bestehen in den einzelnen Ländern eingehende gesetzliche Bestimmungen zum Schutze des ausführenden Personals und des unbeteiligten Publikums.

Es ist nicht allein die starke toxische Wirkung des Cyanwasserstoffes gegen alle Lebewesen, die diesen als ein hervorragendes Schädlingsbekämpfungsmittel geeignet macht, sondern hierzu tragen sehr wesentlich einige *physikalische und chemische Eigenschaften* der Blausäure bei. Der Siedepunkt der Blausäure liegt bei 26°. Die Dichte des Gases beträgt 1,21 und steht dem spezifischen Gewicht der Luft (1,29) sehr nahe. Die Blausäure ist also nur ein klein wenig leichter als Luft, während das ja ebenfalls zur Entwesung von Räumen vielbenutzte Schwefeldioxyd (Dichte 2,87) viel schwerer als Luft ist, was natürlich einer gleichmäßigen Verteilung der schwefligen Säure im vorgegebenen Raum entschieden Abbruch tut. Die Blausäure besitzt ein Molekulargewicht von 27. Die geringe Größe des Moleküls bedingt, daß die Durchdringungskraft der Blausäure gegenüber den sonst in der Schädlingsbekämpfung gebräuchlichen Gasen eine ganz außerordentliche ist. Das Blausäuregas eignet sich daher hervorragend zur Entwesung von Lagervorräten und zur Befreiung der Wohnquartiere von Wanzen. Es erreicht auch sehr versteckt sitzendes Ungeziefer, z. B. die irgendwo in Ritzen und Fugen der Mehlbehälter und Müllereimaschinen eingesponnenen Larven und Puppen der Mehlmotte, den Tabakkäfer in Tabakballen, oft

[1] Deutsche Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung m. b. H., Frankfurt a. M., Hauptvertreter: Heerdt-Lingler G. m. b. H., Frankfurt a. M. und Tesch & Stabenow, Internationale Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung m. b. H., Hamburg.

tief in den Fugen des Mauerwerkes sitzende Wanzenlarven und dort abgelegte Wanzeneier usw. Die große Diffusionsfähigkeit und Durchdringungskraft der Blausäure bedingt aber nicht nur eine sehr rasche, gleichmäßige Verteilung des Gases im vorgegebenen Raum und ein leichtes Eindringen des Gases in Ritzen, Fugen, Stoffe und lose Waren, sondern auch eine rasche Abgabe des einmal eingedrungenen Gases bei der der Durchgasung folgenden Lüftung. Die durchgasten Räume können daher schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit wieder betreten oder bewohnt werden, allerdings immer erst dann, wenn die Prüfung durch einen verantwortlichen Durchgasungsleiter auf etwa noch vorhandene gefährliche Gasmengen in den betreffenden Räumen vollkommen negativ ausgefallen ist. Neben der sinnlichen Wahrnehmbarkeit schon geringer Blausäuremengen leistet bei dieser Prüfung ein chemischer Nachweis wertvolle Dienste. Ein mit einem Gemisch von Benzidin- und Kupferacetat getränkter Filtrierpapierstreifen bläut sich schon bei Anwesenheit sehr geringer Cyanwasserstoffmengen.

So hochgradig physiologisch aktiv die Blausäure ist, so chemisch träge ist sie. Das Gas wird zwar von manchen Stoffen sehr beträchtlich adsorbiert bzw. absorbiert, doch geht es infolge seiner chemischen Indifferenz mit den als Einrichtungsgegenständen und Lagerwaren in Frage kommenden Materialien kaum irgendwelche chemischen Bindungen ein. Die Blausäure greift also im Gegensatz zu der Farben, Gewebe und Metalle beeinflussenden schwefligen Säure keinerlei Einrichtungsgegenstände an. Selbst Lebensmittel können unbedenklich durchgast werden, ohne eine Qualitätsbeeinflussung zu erleiden. Außer Tee und Rohkaffee, deren Aroma vorübergehend leidet, müssen vor einer Durchgasung nur offenstehende Flüssigkeiten und halbflüssige Speisen entfernt werden, da Flüssigkeiten das einmal absorbierte Gas nur sehr langsam wieder abgeben.

Bis vor wenigen Jahren war die gebräuchlichste Methode zur Entwicklung von Blausäure das sog. *Bottichverfahren:* In Holzbottiche gibt man abgemessene Mengen Wasser und verdünnter Schwefelsäure und wirft dann das abgewogene Cyannatrium hinein. Aus dem Cyannatrium macht die Schwefelsäure den Cyanwasserstoff unter Wärmeentwicklung frei, und das aus den Bottichen aufsteigende Gas verteilt sich gleichmäßig im Raum. Dieses Verfahren hat gegenüber der weiter unten zu besprechenden modernen „Zyklon B"-Methode verschiedene Nachteile. Eine große Anzahl von Bottichen muß zum Durchgasungsobjekt transportiert werden; das Abmessen von Wasser und Schwefelsäure und das Abwiegen von Cyannatrium sind umständlich und zeitraubend; äußerst unangenehm ist die Beseitigung der Rückstände aus den Bottichen; denn der Bottichinhalt besitzt nach der Durchgasung neben überschüssiger verdünnter Schwefelsäure und teilweise auskristallisiertem Glaubersalz noch etwa 10% der entstandenen Blausäure gelöst. Die Rückstände sind daher noch giftig und geben beim Hinaustragen infolge der Bewegung weitere Giftgase ab; sie müssen in tiefe Gruben geschüttet, von Sägespänen aufgesaugt und durch Kalk und Eisenvitriol in unschädliche Verbindungen überführt werden.

Eine weitere, aber ebenfalls nicht völlig befriedigende Methode ist die *Verwendung flüssiger Blausäure*, die in Stahlflaschen transportiert wird. Diese Methode war in gewissen Teilen Nordamerikas bisher besonders bei Begasungen von Orangenbäumen gebräuchlich. Für die Bekämpfung von Schädlingen in geschlossenen Räumen ist die Verwendung flüssiger Blausäure jedoch sehr umständlich; man muß in das zu durchgasende Objekt besondere sich verzweigende Rohrleitungen legen, durch die die verdampfende Blausäure in die Räume eingepumpt wird, oder man muß die Blausäure aus den Stahlflaschen in Behälter überfüllen, die unseren tragbaren Weinbergspritzen ähneln, und aus denen die Flüssigkeit mit Hilfe von Druckluft in den einzelnen Räumen zersprüht wird. Obwohl der Cyanwasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist, bietet der Transport der Stahlflaschen gewisse Gefahrenmomente. Die flüssige Blausäure neigt, wenn sehr geringe Spuren von Wasser oder alkalischen Beimengungen in ihr enthalten sind, zur Polymerisation, die zu Explosionen führen kann. Man kann zwar heute der Polymerisation flüssiger Blausäure entgegenwirken, indem man sie sorgfältig trocknet und ihr schwache Säuren oder säureabspaltende Ester als Stabilisatoren zugibt.

Das modernste Verfahren zur Blausäureentwicklung ist das *„Zyklon B"-Verfahren.* Auch hier handelt es sich um flüssige mit Stabilisatoren versetzte Blausäure, die jedoch in einer körnigen Diatomeenerde aufgesaugt ist. Dieses Produkt, das sog. „Zyklon B", der „Deutschen Gesellschaft für Schädlingsbekämpfung m. b. H." kommt in Dosen zum Versand, die nach Art von Konservenbüchsen hermetisch verschlossen sind. Die Büchsen werden am Verwendungsort einfach aufgeschlagen, zum provisorischen gasdichten Verschluß mit Gummikappen überzogen und in den zu durchgasenden, vorher sorgfältig abgedichteten Räumen aufgestellt. Der Durchgasungstrupp braucht dann nur noch mit angelegten Gasmasken den körnigen Inhalt der Zyklonbüchsen in dünner Schicht auszuschütten, damit die darin aufgesaugte Blausäure rasch und vollständig verdampft. Der körnige Rückstand enthält nach beendeter Durchgasung keine Blausäure mehr und braucht daher nur auf einen Kehrichthaufen geworfen zu werden. Die Zyklonbüchsen sind heute in verschiedener Größe im Gebrauch, nämlich mit 200, 500, 1000 und 1200 g Cyangehalt, so daß sich eine genaue Dosierung jederzeit leicht ermöglichen läßt (je nach der in Frage stehenden Schädlingsart kommen etwa 0,2—1,5 Vol.-% Blausäure zur Anwendung). Selbst sehr große Objekte, wie die Hapag-Dampfer

der Ballinklasse und „Columbus" des Bremer Lloyd, Mühlen mit einem Inhalt von 160000 cbm Durchgasungsraum (Ludwigshafener Walzmühle, größte deutsche Mühle) lassen sich in sehr kurzer Zeit nach dem Zyklon B-Verfahren leicht und sicher unter Gas setzen. Die technische Überlegenheit des Zyklon B-Verfahrens gegenüber den älteren Blausäuredurchgasungsmethoden wurde erst neuerdings wieder erwiesen; die Vereinigten Staaten sind dazu übergegangen, die dort seither nach einem modifizierten Bottichverfahren (Entwicklung von Blausäure und Chlorcyan aus Cyannatrium, Natriumchlorat und Salzsäure) ausgeführten Schiffsdurchgasungen nunmehr nach dem Zyklon B-Verfahren vorzunehmen.

Im „Zyklon B" sind neben flüssiger Blausäure und ihren Stabilisatoren in geringen Mengen noch sog. *Reizstoffe* aufgesaugt (einige organische Ester und Chlorpikrin). Diese Reizstoffe besitzen einen stechenden Geruch und verursachen zum Teil ein starkes Tränen der Augen. Dadurch vermindern sie die Gefahren des für manche Menschen geruchlich wenig wahrnehmbaren Blausäuregases. Für besondere Fälle ist auch bereits ein an Reizstoffen besonders reiches Zyklon konstruiert worden, das sog. „Zyklon C", das etwa 10% Chlorpikrin enthält.

Wir wollen uns nun im folgenden einen Überblick über die verschiedenen Anwendungsgebiete der Blausäuredurchgasungen verschaffen und werden dadurch am besten beurteilen können, welche große volkswirtschaftliche und hygienische Bedeutung heute mit diesem Verfahren verbunden ist.

In fernen Ländern, in Kalifornien, Südafrika, Spanien usw. wird die Blausäure in großem Maßstabe zur Bekämpfung der *Schädlinge an Orangenbäumen* benutzt. Die Bäume werden mit einem Zelttuch bedeckt, unter dem die Blausäure entwickelt wird. So werden dort die Apfelsinenkulturen rasch und vollständig von verschiedenen sehr schädlichen Schildlausarten befreit. Es ist ein besonderer Apparat konstruiert worden, der eine genaue Dosierung und Abfüllung auch kleiner Zyklon B-Mengen aus den Zyklonbüchsen für Baumbegasungen gestattet.

In unseren einheimischen Obstkulturen hat sich eine Blausäurebegasung unter Zelten nicht einbürgern können; sie dürfte übrigens nur im winterkahlen Zustand der Bäume gegen die an Stamm und Zweigen überwinternden Schädlinge in Frage kommen, da zarte, grüne Pflanzenteile leicht Verbrennungen durch das Gas erleiden. Die Notwendigkeit der umständlichen und kostspieligen Verwendung von Zelten dürfte aber das Verfahren in unseren im Vergleich zu den Citruskulturen nicht so hochwertigen einheimischen Obstpflanzungen von vornherein unrentabel machen. STELLWAAG und GEISSLER haben kürzlich einen interessanten anderen Weg gewählt, den unter Borkenschuppen überwinternden Apfelblütenstecher (Anthonomus pomorum) mit Blausäure zu bekämpfen. Sie bespritzen Stamm und Äste mit einer Cyannatriumlösung, und erst, wenn diese völlig in die Borke eingedrungen ist, mit einer Salzsäurelösung. Durch diese wird dann plötzlich der Cyanwasserstoff freigemacht und erfüllt als Gas die Fugen und Ritzen der Borke in hoher Konzentration. Es läßt sich auf Grund der kurzen Mitteilung über die Versuche noch nicht beurteilen, ob der vorgeschlagene Weg ein praktisch gangbarer werden wird. Auch sind, wie die Forscher selbst mitteilen, noch zahlreiche an diese Methode geknüpfte Nebenfragen zu untersuchen, z. B. ist die Aufnahmefähigkeit der Borke für Lösungen und ihre Abhängigkeit von klimatischen Faktoren zu prüfen; die Borke muß auf jeden Fall fähig sein, nach Aufnahme der Cyannatriumlösung auch noch die Salzsäurelösung aufzusaugen.

Im Gegensatz zu den Orangenbau treibenden Ländern erstreckt sich bei uns der Gebrauch der Blausäure mehr auf die Abtötung der in geschlossenen Räumen vorkommenden Schädlinge, also in erster Linie auf die Vernichtung von Lebensmittel- und Materialschädlingen und von Wohnungsungeziefer. Ein besonders dankbares Feld bieten nun schon seit einer Reihe von Jahren die Mühlendurchgasungen.

In den Mühlen hat sich seit einigen Jahrzehnten die *Mehlmotte*, ein kleiner Falter, eingebürgert, dessen Räupchen im Mehl hausen. Diese machen nicht allein Schaden durch Verzehren und Verunreinigung von Mehl, sondern sie spinnen beim Umherkriechen ständig einen Faden, durch den sie das Mehl zu moosartigen Klumpen verfilzen. Diese häßlichen Ballen verstopfen dann leicht die Mahlgänge und Müllereimaschinen und geben so nur allzu häufig zu sehr empfindlichen Betriebsstörungen Anlaß. Besonders lästig ist es, wenn die Mottengespinste vor die sog. Speisewalzen der Walzenstühle geraten und dadurch den regelmäßigen Zulauf des Mahlgutes beeinträchtigen. Auch wird häufig die wertvolle Seidengaze der Plansichter usw. von umherkriechenden Mottenräupchen durchnagt. Das Anwachsen eines Mottenvorkommens zu einer empfindlichen Plage geschieht sehr rasch. Die Mottenweibchen legen 50 bis 350 Eier ab, aus denen schon etwa nach einer Woche die Räupchen schlüpfen. Die Dauer der Entwicklung ist in starkem Maße von der Temperatur abhängig. Bei mittlerer Temperatur beträgt die Gesamtentwicklung von der Eiablage bis zum geschlechtsreifen Falter etwa 8—10 Wochen, so daß mehrere Generationen im Jahre einander folgen können. Immerhin gelingt es durch eine etwa alle 2 Jahre stattfindende Wiederholung einer Blausäuredurchgasung den Betrieb selbst unter der Plage nicht wesentlich leiden zu lassen und reine Ware zu liefern; doch gibt es auch Mühlenwerke, die alljährlich eine Blausäuredurchgasung vornehmen lassen, um so einer beträchtlichen Vermehrung der Motten von vornherein vorzubeugen. Die Gefahr der Neueinschleppung von Motten, sei es als Vollinsekten, Puppen, Larven oder ganz besonders als Eier, ist stets durch den Verkehr der Mühlen mit Mehlhandlungen, Bäckereien, Getreidelagern usw. gegeben. Namentlich bilden gebrauchte Säcke eine stete Infektionsgefahr.

Natürlich werden bei den Mühlendurchgasungen auch *andere Mühlenschädlinge*, die bei uns praktisch weniger wichtig sind, miterfaßt. So z. B. der allerdings

schwer abtötbare Mehlkäfer (Tenebrio molitor), dessen große hartschalige, gelbe Larven unter dem Namen Mehlwurm ja allgemein bekannt sind, ferner Tribolium navale, Silvanus surinamensis, Laemophloeus ferrugineus, alles kleine Käferarten, und die bei uns gegenwärtig wenig bedeutungsvolle Kornmotte (Tinea granella); gefährlich ist ferner die sehr kleine Mehlmilbe (Tyroglyphus farinae), die besonders gern feuchtes Mehl befällt.

Weitere Vorratsschädlinge, gegen die zuweilen Blausäuredurchgasungen ausgeführt werden, sind die Speckkäfer (Dermestes lardarius), die z. B. in den Darmballen der Darmhandlungen eine sehr verderbliche Rolle spielen, Tabakkäfer (Lasioderma serricorne) in Tabakballen, Kornkäfer (Calandra granaria) in Getreidevorräten und der Messingkäfer (Niptus hololeucus) in Wohnhäusern. Auch die *Kleider- und Pelzmotten* seien hier nicht vergessen. Gegen die letztgenannten Schädlinge kommt heute die Blausäuredurchgasung in besonderen Entwesungskammern immer mehr in Gebrauch. Es bestehen bereits in einigen Städten besondere Entmottungsanstalten, die eine Durchgasungskammer besitzen, in der vermottete Kleidungsstücke, Teppiche, Polstermöbel usw. durch eine „Zyklon B"-Durchgasung restlos von Motten und deren Brut befreit werden.

Eine besonders wertvolle Waffe ist die Blausäure im Kampf gegen *Ratten und Mäuse*. Viele *Kühlhäuser* lassen ihre Räume alljährlich mit Blausäure ausgasen, um so der dort oft unglaublich starken Mäuseplage Einhalt zu gebieten. Man sollte meinen, daß die tiefen Temperaturen der Kühl- und Gefrierräume den Mäusen wenig zuträglich sind; aber die Tiere verstehen vorzüglich, sich warme Nester zu bauen, wobei ihnen die Sackzeugumhüllung des Gefrierfleisches, Fellhaare, Geflügelfedern usw. ein geeignetes Baumaterial bieten. Zudem leben sie ja in einer Umgebung, in der ihnen calorienreiche Nahrung in Form von Fleisch, Speck, Fetten, frischen und geräucherten Fischen usw. im Überfluß zur Verfügung steht. Auch scheinen die Mäuse als Anpassung an die Umgebung ein besonders dichtes, dunkles Fell zu bekommen.

Blausäuredurchgasungen zur Vernichtung von Ratten spielen eine sehr bedeutungsvolle Rolle auf Seefahrzeugen aller Art. Der Gaskampf gegen die *Ratten auf Seeschiffen* erfolgt nicht allein wegen der wirtschaftlichen Schädlichkeit dieser Tiere für die verschiedenartigen Ladungen, sondern ganz besonders auch aus Gründen des Seuchenschutzes. Die Ratten bilden auf den Schiffen des internationalen Seeverkehrs eine ständige Gefahr für die Einschleppung der Pest aus verseuchten Gegenden — als Pestherde kommen heute noch in Frage: Indien und Südchina und ferner Ägypten und Südamerika. Von pestkranken Ratten werden die Pestkeime durch Rattenflöhe auf den Menschen übertragen. Um den Gefahren einer Pesteinschleppung zu begegnen, haben die verschiedenen Länder Vorschriften für eine regelmäßige Entrattung der Schiffe, die ihre Häfen anlaufen, gegeben. So schreiben z. B. die Vereinigten Staaten vor, daß Schiffe, die amerikanische Häfen besuchen, alle 6 Monate ausgegast werden müssen. Daß das Blausäuregas heute an erster Stelle unter den Maßnahmen zur Schiffsentrattung steht, ist nicht nur seiner sicheren Wirkung und seiner Unschädlichkeit für die ganze Schiffseinrichtung zu danken, sondern vor allem auch der verhältnismäßig geringen Einwirkungszeit, die gegen Ratten nur 2 Stunden betragen muß, und der rasch vor sich gehenden Lüftung des Schiffes nach erfolgter Durchgasung; wird eine Durchgasung am Nachmittag vorgenommen, so kann am anderen Morgen schon wieder mit dem Laden und sonstigen Decks- und Werftarbeiten begonnen werden. Schiffe, die alle 6 Monate durchgast werden, dürften praktisch nicht viel unter Ratten zu leiden haben. Wie wichtig es aber ist, schon einer geringen Zahl von Ratten schärfsten Kampf anzusagen, geht aus den Zahlen für die ungeheure Vermehrungskraft der Ratten hervor:

Eine junge Ratte ist nach 3—4 Monaten geschlechtsreif, die Tragzeit der Rattenweibchen beträgt nur 3 Wochen, und ein Wurf enthält durchschnittlich 5—10 Junge; aber manche Würfe sind noch bedeutend größer, ja, 20 Ratten sollen in einem Wurf schon vorgekommen sein. Das Weibchen hat sehr bald nach dem Wurf schon wieder befruchtungsfähige Eier; durchschnittlich macht ein Weibchen 6—8 Würfe im Jahr, wobei die Hauptvermehrungszeit der Ratte bei uns in den Monaten Januar bis Juni liegen dürfte. Auf Grund dieser Angaben berechnete man, daß ein einziges Rattenpärchen nach Ablauf eines Jahres eine Nachkommenschaft von 880 Ratten besitzt.

Seitdem die Maßnahmen zur Schiffsentrattung regelmäßig durchgeführt werden, ist es außerordentlich selten geworden, daß auf Schiffen, die unsere Häfen anlaufen, pestkranke oder an Pest verendete Ratten gefunden werden, was vor dem Kriege gar nicht sehr selten war und stets strenge Quarantäne- und Untersuchungsmaßnahmen für Besatzung, Passagiere und Ladung erforderte. Natürlich werden bei den Schiffsdurchgasungen auch die auf den Schiffen fast stets in Massen vorhandenen Kakerlaken (Küchenschaben) und zuweilen Wanzen mitbekämpft.

Mit der *Bekämpfung* der *Bettwanze* kommen wir zu einem weiteren großen und wichtigen Anwendungsfeld der Blausäure. Sie ist nicht zuletzt infolge ihrer hohen Durchdringungskraft das wirksamste Mittel, mit dem wir heute Wohn- und Massenquartiere von Wanzen restlos befreien können. Die Wirkung des Blausäuregases gegenüber Wanzen und ihren Entwicklungsstadien ist nach FETSCHER hinsichtlich Konzentration und Einwirkungszeit mindestens 20—30mal wirksamer als die der nur selten völlig befriedigenden schwefligen Säure (diese Feststellung kann natürlich nur für solche Konzentrationen und Einwirkungszeiten der schwefligen Säure gelten, mit denen man überhaupt eine Wirkung erreicht). Die versteckte Lebensweise der Bettwanze, die Ablage ihrer kleinen perlmutterglänzenden Eier unter

Tapetenfetzen, in Ritzen des Mauerwerks, in den Fugen der Bettgestelle, im Innern von Matratzen, unter den Verklebungen der Bilderrahmen usw. macht den Kampf gegen einmal eingeschleppte und durch rasche Vermehrung zu einer Plage gewordene Wanzen außerordentlich schwierig. Erst kürzlich habe ich wieder ein lehrreiches Beispiel erlebt. In einem großen Provinzkrankenhaus hatte man sich 7 Jahre lang trotz Anwendung verschiedenster Mittel und wiederholter Ausgasungen mit Schwefeldioxyd vergebens bemüht, die Wanzen los zu werden. Eine Durchgasung des gesamten Hauses mit „Zyklon B" hat die Plage nun restlos beseitigt.

Leider sind der Anwendung der Blausäure zur Wanzenbekämpfung durch die Gefährlichkeit des Gases Grenzen gezogen. Es ist heute in Deutschland auch gesetzlich verboten, einzelne Wohnungen oder einzelne Räume mit Blausäure zu durchgasen, wenn nicht das ganze Haus während der Durchgasungszeit von Menschen geräumt ist. Die Gefahren bei der Einzelzimmerdurchgasung bestehen in der Möglichkeit des Durchtritts der Blausäure durch nicht völlig gasdichte Wände und durch übersehene Verbindungen mit Nachbarräumen. Diese Gefahren dürften sich aber durch sachgemäßes und sorgfältiges Arbeiten ausschließen lassen. Ich habe wiederholt im Ausland Durchgasungen von Einzelwohnungen vorgenommen, ohne daß sich sachliche Schwierigkeiten ergeben haben, allerdings zur Vorsicht stets die unmittelbar an die durchgasten Zimmer angrenzenden Räume, seien sie nun daneben, darüber oder darunter gelegen, während der Durchgansungszeit nicht bewohnen lassen und gelüftet. Wir haben ferner in dem schon erwähnten Zyklon „C" ein so reizstoffhaltiges Zyklon, daß ein Betreten durchgaster Räume durch Unbefugte so gut wie unmöglich sein dürfte — natürlich müssen dieselben trotzdem bewacht werden — und daß ein evtl. Übertritt von Gas durch etwa übersehene Verbindungen durch die starke Wirkung des Chlorpikrins auf Nasen- und Augenschleimhäute empfindlich angezeigt würde[1].

Ich möchte mich nun nicht weiter auf technische Einzelheiten der Blausäuredurchgasungen und auf die mannigfachen Probleme der Vorratsschädlings- und Ungezieferbekämpfung einlassen. Die zitierten Anwendungsgebiete werden dem Leser gezeigt haben, daß wir heute diese Bekämpfungsweise tierischer Schädlinge aus vielen Wirtschaftszweigen und als hygienische Maßnahme gar nicht mehr entbehren können. Nicht zuletzt ist es die Möglichkeit, die Entwesungsarbeiten nach der Zyklon B-Methode sehr rasch durchführen zu können, die den Blausäuredurchgasungen zu ihrer weitverzweigten Anwendung verholfen hat. Zwei Beispiele mögen die rasche Durchführbarkeit der Arbeiten darlegen. Ich hatte kürzlich den Auftrag, die meisten größeren Mühlenbetriebe einer norddeutschen Provinz gegen die Mehlmotte zu durchgasen. Ich brauchte zu dieser Arbeit, der Durchgasung von 12 Mühlen innerhalb von 4 Wochen, nur 2 Durchgasungstechniker, wobei die Reisen von Ort zu Ort unsere meiste Zeit in Anspruch nahmen. Im Hamburger Hafen konnte ich kürzlich innerhalb von 14 Tagen mit insgesamt nur 8 Mann 25 Schiffsdurchgasungen ausführen, wobei stets ein Teil des Personals nur als Sicherheitswache auf den durchgasten und unter Lüftung stehenden Dampfern gebraucht wurde.

Zum Schluß sei noch eine neue besondere Art der Blausäureentwicklung erwähnt, die für spezielle Aufgaben in Frage kommt. Es ist dies die Abgabe von Blausäure durch *Calciumcyanid*, das sich schon unter dem Einfluß der Feuchtigkeit und der Kohlensäure der Luft zersetzt. Es findet in Form eines feinen Pulvers Verwendung, das etwa zu 40% Calciumcyanid enthält, und das die Amerikaner, die es zuerst gebrauchten, als „Calciumcyaniddust" bezeichnen. Ein weiterer aus Amerika stammender, sehr unglücklich gewählter Name für das Produkt ist „Cyanogas". Es findet vorwiegend zur Begasung von Gewächshäusern Verwendung. Das Pulver wird einfach aus einer Streubüchse auf die Gänge der Gewächshäuser ausgestreut. Durch die langsame Abgabe von Blausäure unter gleichzeitigem langsamen Abzug des Gases durch die vorher nicht abgedichteten kleinen Undichtigkeiten des Gewächshauses entsteht bei richtiger Dosierung eine verhältnismäßig nur schwache Gaskonzentration, die für die Pflanzen noch ungefährlich ist, aber zur Abtötung der an ihnen schmarotzenden Pflanzenläuse genügt.

In den Vereinigten Staaten wurde Calciumcyaniddust schon gegen die verschiedensten Schädlinge versucht. Bemerkenswert erscheint zunächst die von amerikanischen Firmen propagierte Verwendung zur Bekämpfung des Kornkäfers (Calandra granaria und ähnliche Arten). Man läßt beim Füllen der Getreidesilos durch eine besondere Apparatur dem einlaufenden Weizenstrom einen konstanten Strom des Calciumcyanidpulvers zufließen. Im Silo herrscht dann eine nur durch die Adsorption des Gases an die Weizenkörner allmählich geringer werdende Blausäurekonzentration, durch deren zeitlich lange Einwirkung auch die sonst nur sehr schwer abtötbaren Kornkäfer zugrunde gehen sollen. Leider ist mir jedoch nicht bekannt, ob dieses angeblich in Großversuchen in Amerika erprobte Verfahren einen starken Wanzenplage ist somit heute weniger ein biologisches oder technisches Problem als die Frage der Heranziehung und Heranbildung von genügend sachverständigen und gewissenhaften Arbeitskräften. Die Bereitstellung geeigneter Übernachtungsgelegenheiten (transportable Baracken oder ähnliches) für die ärmere Bevölkerung, deren Wohnung gerade desinfiziert werden soll, ist ebenfalls eine mit diesem hygienischen Problem verknüpfte Aufgabe.

[1] Eine vielleicht in der Zukunft zu erwartende Erlaubnis, Einzelzimmer mit „Zyklon C" durchgasen zu dürfen, wird natürlich eine große Zunahme der Blausäuredurchgasungen an und für sich bringen. Es werden also bedeutend mehr Arbeitskräfte in den Dienst der Blausäuredurchgasungen gestellt werden müssen. Dies bedingt allein schon eine Erhöhung der Gefahrenchance, und man wird Sorge tragen müssen, daß alle Desinfektoren usw., die Blausäuredurchgasungen in den verschiedenen Städten zur Säuberung der Wohnungen von Wanzen vornehmen sollen, eine äußerst gründliche theoretische und praktische Schulung erfahren. Die Bekämpfung der in manchen Großstädten sehr

genügenden biologischen Erfolg aufzuweisen hat und dort wirklich Eingang in die breite Praxis findet.

Die ebenfalls vorgeschlagene Bekämpfung von Bodenschädlingen, wie Engerlingen und Drahtwürmern, durch Einbringen von Calciumcyanid in den Boden ist, wie mir eigene Versuche zeigten, infolge der erforderlichen großen Mengen des Mittels vollkommen unrentabel. Die Amerikaner empfehlen daher heute das Aussäen von Fangpflanzen-Reihen, die die Drahtwürmer anlocken sollen und denen entlang dann das Calciumcyanid eingedrillt wird, um die dort angesammelten Schädlinge zu töten. Unsere Landwirtschaft zeigt allen sog. Fangpflanzenverfahren gegenüber jedoch meist wenig Sympathie, da ihre Einfügung in den Gang der normalen Feldbestellungsarbeiten, die sich aus klimatischen Gründen bei uns zeitlich stark zusammendrängen, schwierig ist.

Schriftenverzeichnis:

Die Literatur über Blausäure zur Schädlingsbekämpfung ist heute schon zu bedeutendem Umfange angeschwollen; es seien daher nur einige der neueren Arbeiten angeführt: BUTTENBERG, Über Blausäuredurchgasung zum Zwecke der Schädlingsbekämpfung. Techn. Gemeindebl. **28**, Nr. 6. — FLETSCHER, Über die Bekämpfung der Bettwanze mit Blausäure (Zyklon B) und Schwefeldioxyd. Reichsgesundheitsblatt 1927, Nr. 11 und 12. — FLURY, Über moderne Schädlingsbekämpfung. Dtsch. Nahrungsmittelrundschau 1925, Nr. 31. — HASSELMANN, Moderne Schiffsräucherung. Nautische Rundschau 1925, Nr. 6. — PICK, Flüssige Gase als Desinfektionsmittel. Mitteilung des Hauptvereins deutscher Ingenieure in der Tschechoslowakischen Republik 1926 und 1927. — RASCH, Blausäure im Dienste der Volkswirtschaft und der Hygiene. Handbuch des Arbeiterschutzes und der Betriebssicherheit. — GILBERT SCHENK (American Cyanamid Company), Cyanogas Calcium Cyanide for the Control of Insects Infesting Grain in Storage Bins. — SCHWARZ und DECKERT, Experimentelle Untersuchungen bei Blausäureausgasungen. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. **7**. 1927. — SCHWARZ und DECKERT, Zur hygienischen Begutachtung des Cyankalkverfahrens (Calciumcyanid-Cyanogas) als Schädlingsbekämpfungsmittel in Gewächshäusern. Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten **7**. 1927. — STELLWAAG und GEISSLER, Eine neue praktische Arbeitsmethode mit Blausäure, die bei der Bekämpfung des Apfelblütenstechers (Anthonomus pomorum L.) angewandt wurde. Anzeiger f. Schädlingskunde 1927, H. 6. — TESCH, Die Entmottung von Polstermöbeln, Teppichen usw. mittels des neuen Blausäurepräparates „Zyklon". Mitt. d. Reichsverb. d. dtsch. Färbereien u. chem. Waschanstalten 1926, Nr. 17.

Michelsons Messung der Lichtgeschwindigkeit[1].

Von P. JORDAN, Göttingen.

Die Physik kennt heute sechs elementare physikalische Konstanten. Drei von ihnen sind die Grundkonstanten der Elektronentheorie: die Massen der positiven und der negativen Elektronen und die absolut genommen übereinstimmende Ladung beider Elektronenarten. Eine der sechs Elementarkonstanten steht im Mittelpunkte der neuesten Entwicklung der Physik: mit der Entdeckung des PLANCKschen Wirkungsquantums erfolgte die Begründung der Quantentheorie. Nur zwei der Elementarkonstanten gehören ins Gebiet der makroskopischen Physik: die Lichtgeschwindigkeit und die Gravitationskonstante. Ihre ersten Messungen gehören zu den Leistungen vergangener Jahrhunderte. Die Lichtgeschwindigkeit erwies zuerst in der MAXWELLschen Theorie der Elektrizität ihre weit über das Gebiet der Optik hinausreichende Bedeutung. Daß sie, ebenso wie in der Optik und Elektrizität, auch in den Gesetzen der Mechanik hervortritt, ist durch die spezielle Relativitätstheorie gezeigt worden, als derenGrundkonstante die Lichtgeschwindigkeit bezeichnet werden kann. In ähnlichem Sinne darf man die Gravitationskonstante die Grundkonstante der allgemeinen Relativitätstheorie nennen; sie beherrscht quantitativ die merkwürdigen physikalischen Zusammenhänge von Raum und Zeit, in denen EINSTEIN den Ursprung des NEWTONschen Gravitationsgesetzes erkannt hat. Übrigens haben ja die EINSTEINschen Forschungen die Existenz noch einer weiteren physikalischen Weltkonstanten wahrscheinlich gemacht, nämlich einer Gesamtmasse des Weltalls. Doch haben wir für sie bis jetzt nur ungewisse Schätzungen.

Aus Dimensionsgründen muß man vermuten, daß unter den sechs Elementarkonstanten nur drei voneinander unabhängig sind, so daß die übrigen drei aus ihnen durch Rechnung abgeleitet werden können. Die Fortschritte, die in letzter Zeit in der Erkenntnis der Quantengesetze der Materie erzielt worden sind, berechtigen vielleicht zu der Hoffnung, daß man in absehbarer Zeit einmal wissen wird, wie man z. B. das Massenverhältnis der beiden Elektronenarten rein theoretisch aus den anderen Elementarkonstanten ableiten, oder etwa die SOMMERFELDsche Feinstrukturkonstante $\left(\frac{2\pi e^2}{hc}\right)$ numerisch berechnen kann. Vorläufig jedoch sind noch keine Unterlagen für solche Theorien gegeben; vielmehr verlangt jede der sechs Konstanten eine besondere Messung.

Im Herbste 1926 hat A. A. MICHELSON eine 1921 begonnene Messung der Lichtgeschwindigkeit abgeschlossen, die nicht nur durch den „amerikanischen" Maßstab der dabei aufgewandten Hilfsmittel, sondern auch durch die Genauigkeit des gefundenen Wertes besondere Aufmerksamkeit verdient: MICHELSON gibt in seiner im Januar vorigen Jahres veröffentlichten Mitteilung[1] für die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit eine sechsstellige Zahl mit einer Ungenauigkeit von ± 4 in der letzten Stelle; ältere Messungen (CORNU, PERROTIN, NEWCOMB, MICHELSON) haben nur höchstens fünf Dezimalstellen zu erfassen versucht, wobei schon in der vierten Stelle Abweichungen voneinander auftraten. Für die Beurteilung der von MICHELSON erreichten Genauigkeit mag daran erinnert werden, daß die Definition des Normalmeters durch die von BENOÎT, FABRY und PÉROT ausgeführte Wellenlängenmessung der roten Cadmiumlinie eine Schärfe von 1 zu 10000000 besitzt; die MICHELSONsche Messung der Lichtgeschwindigkeit bleibt also nur zwei bis drei Dezimalen von dieser Genauigkeitsgrenze entfernt. Ich folge gern einer Einladung des Herrn Herausgebers dieser Zeitschrift, über Anlage und Gang der Messung im folgenden kurz zu berichten.

[1] A. A. MICHELSON, Astrophys. Journ. **65**, 1. 1927; vgl. auch ebenda **60**, 256. 1924.

[1] Astrophys. Journ. **65**, 1. 1927.

MICHELSON arbeitete mit einem Lichtstrahl, der zweimal den Weg zwischen dem Mount Wilson und Mount San Antonio zurücklegte, insgesamt eine Strecke von annähernd 71 Kilometern, in einer Zeit von 0,00023 sec. Die klare Luft zwischen diesen Bergen ermöglichte es — besonders bei günstig gewählten Jahres- und Tageszeiten — über eine Strecke von solcher Länge noch hinreichend scharfe und intensive Lichtsignale zu geben. Lichtverluste in der Apparatur wurden nach Möglichkeit vermieden durch eine Anordnung, in der nahezu senkrechte Inzidenz des Lichtes an fast allen benutzten Spiegeln erreicht ist. Fernerhin werden bei dieser Methode Winkelmessungen gänzlich vermieden; die eigentliche Messung bietet nur zwei Aufgaben dar: eine Bestimmung der Drehgeschwindigkeit eines Spiegels und eine Bestimmung der Länge des Lichtweges.

Die endgültige Versuchsanordnung ist aus der Abbildung zu ersehen; dieses Schema der Apparatur ist so übersichtlich, daß wir uns bei seiner Erläuterung sehr kurz fassen können.

Sehr umfangreiche Hilfsmittel waren nötig für den zweiten Teil der Messung, die Bestimmung des Abstandes der beiden Apparate bzw. zweier Fixpunkte auf dem Mount Wilson und Mount San Antonio. Über diese Messung, die auf MICHELSONS Wunsch vom U. S. Coast und Geodetic Survey ausgeführt wurde, berichtet Major W. BOWIE in einem Anhang zu der MICHELSONschen Arbeit. Es wird erwähnt, daß der Direktor des U. S. Coast und Geodetic Survey, Colonel E. LESTER JONES, zu besonderer Anteilnahme an dem MICHELSONschen Versuch veranlaßt worden sei durch die Hoffnung, eine genaue Kenntnis der Lichtgeschwindigkeit später umgekehrt zu geodätischen Zwecken — Messung von Basislinien in Gebirgen oder zwischen Inselgruppen — verwerten zu können.

Die Fehlergrenze gewöhnlicher geodätischer Messungen wird auf 1 zu 100000 geschätzt; da in diesem Falle eine größere Genauigkeit erwünscht war, wurde beschlossen, die Abstandsbestimmung von allen vorliegenden geodätischen Daten unabhängig durchzuführen: Es sollte eine Basislinie im Tale San Gabriel

Fig. 1. Schema der MICHELSONschen Anordnung.

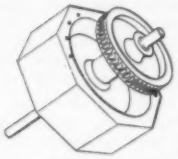


Fig. 2. Achtkantiger Spiegel.

Das Licht fällt durch den Schlitz S bei a auf einen achtkantigen[1] rotierenden Spiegel, wird über b und c gegen den Hohlspiegel D und von dort zum Mount San Antonio reflektiert. Nach Reflektionen bei E und f läuft es rückwärts zum Mount Wilson, kommt über c und b_1 bei a' noch einmal auf den Spiegel und gelangt endlich bei O zur Beobachtung. B und B_1 sind Fixpunkte für die Messung des Abstandes der Apparate auf den beiden Bergen. Der rotierende Spiegel war bei einigen Versuchen aus Glas, bei anderen aus Nickelstahl, er wurde durch einen Luftstrom in Bewegung gesetzt.

Die achtkantigen Spiegel (vgl. Fig. 2, 3) drehten sich in der Sekunde 528 mal und vollführten somit nahezu gerade den achten Teil einer Umdrehung, während das Licht seinen Weg durchlief; die anderen Spiegel drehten sich entsprechend langsamer. Die Drehgeschwindigkeit wurde gemessen durch Vergleich mit einer elektrisch angetriebenen Stimmgabel, die ihrerseits mit einem geeichten freien Pendel kontrolliert wurde. Durch einen sehr engen Spalt fiel ein Lichtstrahl auf einen an dem Pendel befestigten Spiegel. Mit dem von dort reflektierten Lichte wurde der Spalt durch eine gut achromatische Linse auf eine Kante der Stimmgabel abgebildet; auf diese Weise konnte kontrolliert werden, daß die Stimmgabel nahezu genau eine ganze Zahl von Schwingungen während einer Pendelschwingung machte, und die Abweichung von der Ganzzahligkeit konnte bestimmt werden. Die Drehgeschwindigkeit des Spiegels wurde unter stroboskopischer Kontrolle so einreguliert, daß seine Drehfrequenz gleich der Schwingungsfrequenz der Gabel war.

[1] Es wurden auch 12- bzw. 16kantige Spiegel benutzt.

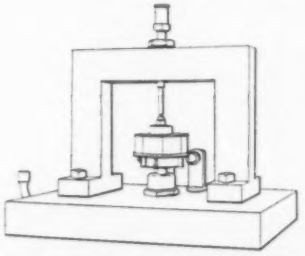


Fig. 3. Ein montierter achtkantiger Spiegel.

annähernd parallel zu der fraglichen Linie gemessen und von da aus diese durch Triangulation bestimmt werden. Nach diesem Plane ist die Messung vom U. S. Coast and Geodetic Survey mit einem großen Stabe von Mitarbeitern durchgeführt worden.

Es zeigte sich, daß wegen der Ungunst des Geländes und sonstiger Hindernisse die Basislinie selbst nicht geradlinig gemessen werden konnte; es wurde statt dessen eine gebrochene Basislinie mit passenden Eckpunkten gewählt. Zudem wurde die Basis in drei Teile eingeteilt derart, daß mehrere unabhängige Messungen des Abstandes zwischen den zwei Bergen ausgeführt werden konnten. Die Basis wurde in 46 Abteilungen gemessen, wobei umfangsreiche technische Hilfsmittel und zahllose besondere Vorsichtsmaßregeln angewandt wurden, um alle Fehlerquellen nach Möglichkeit einzuengen. Erwähnt sei hier nur noch, daß an allen Stellen, an denen Winkel zu messen waren, eine Bestimmung der Abweichung des Lotes von der Senkrechten ausgeführt wurde (mit Ausnahme von zwei

Stationen, wo diese Abweichung schon bestimmt war). Diese Lotabweichungen, die bei der Nachbarschaft der großen Berge relativ erheblich waren, bewirken eine Neigung der Horizontalplatte des Theodoliten, die zu einer Abweichung der gemessenen Winkel von den wahren sphärischen Winkeln führen. Die in Rücksicht auf die Lotabweichung angebrachten Winkelkorrektionen erreichten Beträge bis nahezu 1″,5. Nach BOWIES Angaben beträgt der berechnete wahrscheinliche Fehler bei der Messung der Basislänge etwa 1 cm auf 20 km, der wirkliche Fehler sicherlich weniger als 1 cm auf 3 km. Die Ansicht der beteiligten Mitarbeiter geht dahin, daß der wirkliche Fehler 1 cm auf 5—10 km betragen wird.

Für die Länge der Luftlinie zwischen den Fixpunkten auf Mount Wilson und Mount San Antonio ergaben sich 35385,53 m; auf Seehöhe umgerechnet ein Abstand von 35373,21 m. In der Tat ist wohl diese Linie „mit größerer Genauigkeit bestimmt, als die irgend einer anderen Linie in diesem oder einem anderen Lande".

Die Ergebnisse der MICHELSONschen Messungen sind (auf Vakuum reduziert) in der folgenden Tabelle zusammengestellt. In der linken Spalte ist das Material und die Kantenzahl des benutzten Spiegels angegeben. Unter N findet man die Umdrehungszahl des Spiegels während einer Pendelschwingung bzw. die mit dieser Umdrehungszahl nahezu übereinstimmende ganze Zahl; n ist die Periode der Koinzidenzen zwischen Pendel- und Stimmgabelschwingung während des Versuches. Endlich ist V die gefundene Geschwindigkeit.

Spiegel	Jahr	N	n	V	Gewicht	
Glas 8 . .	1925	528	150	299,802	1	299,797
Glas 8 . .		528	200	299,756	1	
Glas 8 . .		528	216	299,813	3	
Stahl 8 .	1926	528	195	299,795	5	299,795
Glas 12 .		352	270	299,796	3	299,796
Stahl 12 .		352	218	299,796	5	299,796
Glas 16 .		264	270	299,803	5	299,796
Glas 16 .		264	234	299,789	5	
Mittelwert	—	—	—	299,796 ± 4	—	—

Die letzte Spalte zeigt die Mittelwerte der Ergebnisse jeweils verschiedener Versuche mit dem gleichen Spiegel; der so gewonnenen Zahlen zeigen eine noch wesentlich bessere Übereinstimmung als die unter V angeführten.

MICHELSON hat die Absicht mitgeteilt, die Versuche mit noch verbesserten Hilfsmitteln und über eine noch größere Entfernung hin fortzuführen.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

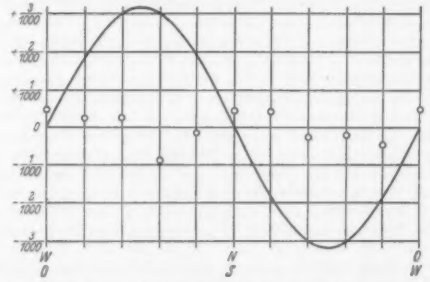
Das Michelson-Experiment, ausgeführt auf dem Rigi, 1800 m ü. M.

In Fortsetzung unserer „Ätherwind"-Versuche[1] haben wir zum Abschluß nun das MICHELSON-Experiment auch auf Bergeshöhe ausgeführt. Benutzt wurde die schon früher beschriebene transportable Versuchsanordnung mit photographischer Registrierung.

Die Versuche wurden auf Rigi-Kulm (1800 m ü. M., 8° 30′ östl. Gr., 47° 0′ nördl. Br.) vorgenommen. Wir haben diesen Platz aus folgenden Gründen gewählt: Der Rigi ist ein verhältnismäßig isoliert stehender Berg. (20 km im Umkreis gibt es keine höheren Gipfel.) Er steht vor allem nach Norden völlig frei. Die Dachkammer des höchstgelegenen Hotels, wo wir unsere Versuche ausführen konnten, liegt mehrere Meter über dem Berggipfel, ist also völlig ohne Hindernis dem von Norden kommenden „Ätherwind" ausgesetzt. Die Rigibahnen ermöglichten einen leichten Transport der 550 kg wiegenden Apparate und konnten zugleich den zur Ladung der Akkumulatoren nötigen Strom liefern.

Die Messungen wurden am 16. und 17. September 1927 ausgeführt, und zwar die eine Hauptserie, über die im folgenden berichtet wird, morgens zwischen 6 Uhr und 6 Uhr 30 (M. E. Z.). Zu jenem Zeitpunkt hatte der hypothetische MILLERsche Ätherwind für den Rigi seine maximale Horizontalkomponente von 9,5 km/sk, was für unser Interferometer eine Streifenverschiebung von $^{6.4}/_{1000}$ Streifendistanzen hätte ergeben sollen.

Wir haben die Filmregistrierungen von 12 Gruppen zu je 10 Umdrehungen analysiert; jede von ihnen ergab einen Ätherwind, der bedeutend kleiner war, als derjenige von MILLER; außerdem sind ihre Phasen völlig willkürlich über die Windrose verteilt. Im vektoriellen Mittel fanden wir eine Streifenverschiebung, die *nur den 40. Teil* des oben angegebenen Wertes, nämlich $^{0.16}/_{1000}$ betrug, einem Ätherwind von 1,5 km/sk entsprechend. Dieser Effekt liegt innerhalb des wahrscheinlichen Fehlers unserer Messungen, den wir zu 2,5 km/sk angeben können. In der nachstehenden Figur stellen wir die beobachteten Punkte, verglichen mit der MILLERschen Ätherwindkurve vom Mount Wilson, dar.



Vergleich der beobachteten Streifenverschiebungen auf dem Rigi (Punkte) mit dem MILLERschen „Ätherwind" (Kurve).

Aus dieser Figur ist ohne weiteres ersichtlich, daß auch auf dem Rigi in 1800 m Höhe (der Mount Wilson liegt 1750 m ü. M.) keine Spur von einem Ätherwind vorhanden ist.

Eine ausführliche Darstellung dieser und der früheren Versuche bezüglich Meßtechnik und Resultate wird in einem der nächsten Hefte des „Journal de Physique et le Radium" erscheinen.

Brüssel, den 20. November 1927.

A. PICCARD, E. STAHEL.

[1] Naturwissenschaften **14**, 935. 1926; **15**, 140. 1927.

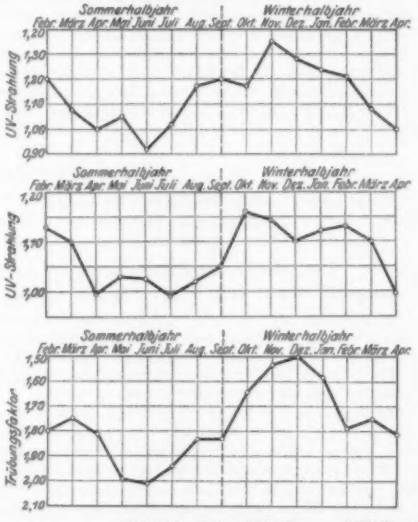
Über Schwankungen der kurzwelligen Sonnenstrahlung.

(Vorläufige Mitteilung.)

Nach den Untersuchungen von ABBOT, die an mehreren klimatisch begünstigten Höhenpunkten Amerikas vorgenommen wurden, ergaben sich durch Vergleich der gewonnenen Werte der Solarkonstante Veränderungen, die eine Schwankung der extraterrestrischen Gesamtstrahlung der Sonne sowohl lang- wie kurzperiodischer Natur andeuten. Über diese Schwankungen, die etwa 2% des Mittelwertes betragen, und die verschiedenen Bedenken gegen deren Realität ist an anderer Stelle[1] berichtet worden. Durch Untersuchungen von PETTIT[2] scheint nun das Problem insofern eine *neue Entwicklung* genommen zu haben, als am Mount Wilson Schwankungen der extraterrestrischen Sonnenstrahlung im *Ultravioletten* gemessen wurden, deren Amplitude **83%** betrug. Diese Ergebnisse erscheinen vielfach bereits in der Literatur als feststehend[3]. Demnach würden geringfügige Schwankungen der Gesamtstrahlung im kurzwelligen Gebiete außerordentlichen Umfang annehmen. Die Ergebnisse von PETTIT sind vor allem deshalb vollkommen unerwartet, weil Beobachtungen der kurzwelligen Strahlung, wie sie im Wege über Saturn, Jupiter und Jupitermonde von GUTHNICK und PRAGER, GUTHNICK und STEBBINS[4] vorgenommen wurden, *keine Schwankung* über 1% ergaben. Diese Messungen verdienen aber besondere Beachtung, da sie als Anschlußmessungen der Planeten und Monde an benachbarte Fixsterne störenden Einflüssen der Erdatmosphäre nicht ausgesetzt sind.

PETTITS Messungen mit Thermosäule bestehen in einem Intensitätsvergleich der durch einen Silberfilm beobachteten Strahlung bei 3100 Å zu der durch einen Goldfilm erhaltenen bei 5000 Å. Es hat sich später gezeigt, daß das bei der Strahlungsmessung im Gebiete von 5000 Å mit zur Anwendung gelangende grüne Zelluloidfilter mit der Zeit dichter geworden ist. Es wurde daraufhin später überhaupt nicht mehr verwendet. Die Verbesserung der bisherigen Werte[5] ergab eine Herabsetzung der größten Schwankung von **83%** *auf* **57%**, so kräftig hat sich dieser technische Fehler bemerkbar gemacht. In der letzten diesbezüglichen Veröffentlichung[6] sind Monatsmittel der extraterrestrischen UV.-Strahlung bis einschließlich März 1927 gegeben. In einem Diagramm ist dargestellt, wie diese Werte der UV.-Strahlung einen ähnlichen Gang mit der Sonnenfleckenhäufigkeit, der Solarkonstante, und einen entgegengesetzten mit den Werten des Ozongehaltes nach den Messungen von DOBSON aufweisen. Durch ein Experiment zeigt PETTIT, daß eine kräftige künstliche Steigerung des Ozongehaltes im beobachteten Strahlengange die erhaltenen Werte der UV.-Strahlung nicht wesentlich beeinflußt, demnach die UV.-Schwankungen tatsächlich in der Sonne ihren Ursprung haben müßten. Zur Klärung des offenkundigen Widerspruches dieser Ergebnisse mit jenen aus den obenerwähnten Planetenbeobachtungen habe ich das Material näher untersucht. Ein ausführlicher Bericht wird darüber in den Astr. Nachrichten erscheinen.

Schaltet man die Beobachtungen von Juni bis September 1924 aus, an denen insgesamt nur an 36 Tagen mit der ersten behelfsmäßigen Apparatur gemessen wurde und betrachtet die im April 1925 einsetzende und vorläufig bis März 1927 lückenlos fortgesetzte endgültige Reihe, so sieht man, daß in diesem Zeitraume die größte erreichte Schwankung von **57%** weiter auf **26%** *herabgesetzt ist.*



Oben: *Dezember 1921 bis Juli 1923 Arosa. UV*-Strahlung bei 3200 Å, gemessen durch Luftmasse 2,9.

Mitte: *April 1925 bis März 1927 Mt. Wilson und Tucson. UV*-Strahlung bei 3200 Å, extraterrestrisch (Luftmasse 0), bestimmt aus dem Intensitätsverhältnis $\frac{3200}{5000}$ Å.

Unten: *Upsala.* Jährlicher Gang der Trübung der Atmosphäre.

Die Messungsergebnisse von PETTIT haben die Eigentümlichkeit, daß sie dieselben Schwankungen ergeben, gleichgiltig, ob eine Extrapolation bis zum Zenit (Luftmasse 1), oder bis außerhalb der Atmosphäre (Luftmasse 0) vorgenommen wird. Diese Feststellung erweckt Bedenken in der Richtung, daß die beobachteten Endwerte von den Einflüssen der Atmosphäre nicht restlos befreit sind. Um dies zu untersuchen, wurden die Werte der beiden Jahre nach Monaten fortlaufend gemittelt und der Jahresverlauf in nebenstehender Abbildung gezeichnet. Die größte Schwankung geht dann von **26%** *auf* **17%** *zurück.* Zum Vergleich habe ich aus Beobachtungen, die

[1] SEELIGER Festschrift, Probleme der Astronomie, S. 452ff. und W. E. BERNHEIMER, Strahlung und Temperatur der Sonne. — Handbuch d. Astrophysik, 4.

[2] E. PETTIT, Publ. of the Soc. of the Pac. **38**, 21. 1926. — 35. Meeting of the Am. Astr. Soc.; Pop. Astr. **34**, 241. 1926.

[3] z. B. C. G. ABOTT, Gerlands Beiträge zur Geophysik XVI, **344**. — 1927.

[4] Veröff. Sternwarte Babelsberg, I, 1, II, 3, Naturwissenschaften 1918; Proc. of the nat. acad. of sciences (U.S.A.) Washington **6**, 136. 1920; Lick. Obs. Bull. Nr. 385 — 1927.

[5] E. PETTIT, 36. Meeting of the Am. Astr. Soc. Pop. Astr. **34**, 631. 1926.

[6] E. PETTIT, Proc. of the nat. acad. of sciences (U.S.A.) Washington **13**, 380. 1927.

Götz[1] lichtelektrisch in demselben Spektralbereich gewonnen hat, den Jahresverlauf in die gleiche Abbildung mit aufgenommen. Die beiden Kurven sprechen für sich. An beiden Orten derselbe Jahresgang, trotzdem das Material in beiden Fällen aus ganz verschiedenen Jahren stammt. Ein übereinstimmender Verlauf der Schwankungen, obwohl die amerikanischen Messungen den extraterrestrischen Strahlungsverlauf bei Luftmasse o darstellen sollen, dagegen die Beobachtungen in Arosa bei der großen Zenitdistanz von 70° (Luftmasse 2.9) einen solchen, der vom Einfluß der Atmosphäre stark abhängig ist. Da die beiden Messungsreihen zugleich auch eine Übereinstimmung mit dem jährlichen Gang des Transmissionskoeffizienten für 3200 Å zeigen, so kann man immer noch annehmen, daß die Gemeinsamkeit durch eine von Schwankungen der UV.-Strahlung bedingte Schwankung des Ozongehaltes hervorgerufen werde. Dies scheint aber nicht von Bedeutung zu sein. Ganz abgesehen davon, daß der Hauptanteil der Ozonabsorption bekanntlich unter 3100 Å zu suchen ist, zeigt der jährliche Gang der Pettitschen UV.-Messungen (Minimum im Sommer, Maximum im Winter) völlige Übereinstimmung mit dem jährlichen Gang des von Linke[2] eingeführten *Trübungsfaktors* der Atmosphäre für die Gesamtstrahlung. Diese Übereinstimmung habe ich in gleicher Weise mit den Werten von Arosa, Upsala, Davos gefunden. Der Trübungsfaktor ist nur eine anschauliche Darstellung einer schon früher bekannten Tatsache, daß die Reinheit der Luft im Winter wesentlich höher ist als im Sommer. Dieser Unterschied tritt stärker zu Tage, je mehr man von großer Höhe gegen das Meeresniveau herabsteigt.

Der Einfluß der besprochenen Trübungserscheinungen tritt in voller Schärfe bei den Ergebnissen von Pettit auf. Daß in Arosa die Jahresschwankung maximal 37%, am Mount Wilson nur 17% beträgt (Mittel der beiden Jahre), ist ganz erklärlich. Die Messungen in Arosa, die nur meteorologischen Absichten gedient haben, sind, wie erwähnt, bei Luftmasse 2,9 angestellt, während Pettit den Versuch einer Extrapolation auf Werte außerhalb der Atmosphäre vorgenommen hat. Daß dies offensichtlich aber nicht gelungen ist, ergibt sich aus obigen Darlegungen und man kann zweifellos, zumindestens aus dem bis heute vorliegenden Material, die in Amerika beobachteten kräftigen *Schwankungen* der extraterrestrischen Sonnenstrahlung *im UV.* als nichts anderes, als eine Wiedergabe des seit langem bekannten *jährlichen Ganges der Trübung in unserer Atmosphäre betrachten.*

Auf diese Weise verschwindet zwanglos der sonst nicht zu deutende Widerspruch mit den erwähnten Beobachtungsergebnissen der Babelsberger Sternwarte und des Lickobservatoriums.

Wien, Universitäts-Sternwarte, den 21. November 1927. W. E. Bernheimer.

Die Gestalt der Kohlensäuremolekel.

Die prinzipiell wichtige Frage, ob im CO_2-Molekül die drei Atome auf einer Geraden liegen oder ob sie die Ecken eines stumpfwinkligen Dreiecks bilden, das Molekül also ein elektrisches Moment besitzt, ist in vielen Untersuchungen[3] der letzten Jahre erörtert worden. Für das gewinkelte Modell sprachen vor allem die Messungen über die Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten von Jona[1], Weigt und von v. Braunmühl, die übereinstimmend ein zwar kleines aber bestimmt positives Moment von 0,3 bzw. 0,14 $\times$ 10^{-18} gefunden hatten.

Nur eine genauere Untersuchung von Zahn[2] hatte als Mittelwert 0,06 $\times$ 10^{-18} ergeben, doch war auch der Wert o mit den Messungen verträglich.

Durch eine verbesserte Meßanordnung ist es nun gelungen, die Temperaturabhängigkeit von ε bei CO_2 in einem Bereich von 0° bis 180° auf 2 Promill in $\varepsilon - 1$ festzulegen. Es zeigt sich, daß $\varepsilon - 1$, auf gleiche Dichte umgerechnet, innerhalb der Meßfehler von der Temperatur unabhängig ist, so daß sich für das elektrische Moment der Kohlensäure der Wert o $\pm$ 0,02 10^{-18} $cm^{\frac{3}{2}}$ $g^{\frac{1}{2}}$ sec^{-1} ergibt.

Damit ist der letzte direkte experimentelle Beweis gegen die gestreckte Gestalt der CO_2-Molekel hinfällig geworden.

Nachdem in jüngster Zeit L. Wolf[3] durch Diskussion der jetzt vorliegenden genauen Dispersionsformel von CO_2 zeigen konnte, daß die aus der anomalen Dispersion folgenden Intensitätsverhältnisse der ultraroten Eigenfrequenzen sich nur mit der von Eucken im Sinne eines gestreckten Modells vorgeschlagenen Deutung des ultraroten Spektrums vereinen lassen, sind sämtliche maßgebenden Untersuchungen gegen das gewinkelte Modell ausgefallen, und es darf somit die gestreckte Gestalt des Kohlensäuremoleküls als gesichert angesehen werden.

Königsberg, II. Physikalisches Institut, den 6. Dezember 1927. H. A. Stuart.

Zur Lichtabsorption und Verfärbung der Alkalihalogenide.

Im folgenden möchte ich auf einen Zusammenhang hinweisen, der zwischen der Lichtabsorption in Ionen im Molekelverband einerseits und in den entsprechenden neutralen Atomen im verfärbten Salz anderseits besteht, und der für die Theorie dieser Erscheinungen nicht ohne Bedeutung sein kann. Herr L. A. Müller (Ann. d. Phys. [4] **82**, 39. 1927) faßt die Ergebnisse seiner Messungen der Ultraviolett-Absorption der Alkalihalogenide in wässeriger Lösung und im Dampf in folgende Sätze zusammen: „Die Absorption verschiebt sich in Lösung in der Reihenfolge F → Cl → Br → J nach längeren Wellen. Dasselbe gilt für das selektive Absorptionsmaximum beim Dampf. Das Alkaliatom hat auf die Lage der Absorption sowohl in Lösung als auch im Dampf einen zwar kleinen, aber sicher vorhandenen Einfluß, in der Reihenfolge Na → K → Cs → Rb erfolgt Verschiebung nach längeren Wellen. Die Umstellung Cs → Rb ist experimentell einwandfrei nachgewiesen."

Ganz dieselbe Reihenfolge ergeben nun auch, soweit sichere Angaben vorliegen, die im sichtbaren Gebiet liegenden Absorptionsmaxima der *verfärbten* Alkalihalogenide, wobei insbesondere auch hier die Umstellung von Cs und Rb auffällt. Diese war schon aus den von

[1] F. W. Paul Götz, Das Strahlungsklima von Arosa Berlin: Springer 1926.

[2] F. Linke, Beiträge zur Phys. d. freien Atmosph. **10**. 1922; Verhandl. d. klimat. Tagung in Davos-Basel 1926.

[3] Siehe z. B. Eucken, Zeitschr. f. Phys. **37**, 714. 1926, sowie Cl. Schäfer und B. Philipps Zeitschr. f. Phys. **36**, 641. 1926.

[1] Jona, Physik. Zeitschr. **20**, 15. 1919; Weigt. ebenda **22**, 643. 1921; v. Braunmühl, ebenda **28**, 141, 1927.

[2] Zahn, Phys. Rev. **27**, 455. 1926.

[3] Erscheint demnächst in der Zeitschr. f. phys. Chem.

P. L. BAYLEY bestimmten Wellenlängen maximaler Entfärbungsgeschwindigkeit im Licht zu erschließen, konnte aber von E. JAHODA im Institut für Radiumforschung durch Absorptionsmessungen auch direkt festgestellt werden. Bemerkenswerterweise fand der letztgenannte, daß auch die Labilität der Verfärbung sowohl im Licht wie im Dunkeln in der Reihe NaCl → KCl → CsCl → RbCl zunimmt.

Ich hatte versucht die Lage der Absorptionsmaxima der verfärbten Alkalihalogenide durch einen Einfluß des Gitters auf die Eigenabsorption der Metallatome, die die Verfärbung bewirken, zu erklären, wobei ich auf den abweichenden Gitterbau des CsCl hinwies. Obige Übereinstimmung deutet aber wohl darauf hin, daß man tiefer greifen und den Einfluß schon der Wechselwirkung einzelner Elementarteilchen selbst, etwa im Sinne der FAJANSschen Elektronenhüllendeformation, zuschreiben muß. Bezüglich der Literaturangaben sei auf meinen zusammenfassenden Bericht (Zeitschr. f. Phys. **41**, 833. 1927) verwiesen.

Wien, Institut für Radiumforschung, den 7. Dezember 1927. KARL PRZIBRAM.

Gammastrahlen an Kaliumsalzen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Bei Bestimmungen der Reststrahlung meiner Instrumente im Berlepschschacht zu Staßfurt fand ich eine merkliche Gammastrahlung im Hartsalz ($NaCl$, $MgSO_4 \cdot H_2O$, KCl). Sie ergab bei Abschirmung mit einem improvisierten Eisenpanzer von 3,75 cm mittlerer Dicke einen Schwächungskoeffizienten von $\mu_{Fe} = 0{,}19\ cm^{-1}$, eine Halbwertsschicht von $D_{Fe} = 3{,}6$ cm, ein $\frac{\mu}{\varrho}_{Fe} = 0{,}024\ cm^2 g^{-1}$. (Für die harte γ-Strahlung des RaC ist bei 4 cm Bleifilterung $\mu_{Fe} = 0{,}336\ cm^{-1}$ nach KOHLRAUSCH.)

Weitere Messungen an einer größeren Menge Sylvin, die mir die C. A. F. Kahlbaum A.-G. zur Verfügung stellte, ergaben an dünnen Eisenschichten bis 8 mm μ_{Fe} etwa $1\ cm^{-1}$, zwischen 8—16 mm $\mu_{Fe} = 0{,}35\ cm^{-1}$, von 16—60 mm $\mu_{Fe} = 0{,}19\ cm^{-1}$.

Die Strahlungsintensität entsprach auf Radium umgerechnet mindestens 10^{-11} g im Gramm Sylvin. Die Untersuchung von zwei je 1 kg betragenden Proben des Sylvins auf Radium mit Bariumfällung und nachherigem Aufschließen erbrachte jedoch weniger als 1% des zu erwartenden Radiumgehaltes. Die am KCl beobachtete Strahlung rührt also nicht vom Radium her.

Das Vorkommen anderer aktiver Substanzen im Sylvin, wie Uranium, Jonium, Aktinium oder Thorium, ist einerseits wegen der Härte der gefundenen Gammastrahlen auszuschließen, andererseits außerordentlich unwahrscheinlich, doch muß erst noch das Ergebnis der Untersuchungen der Proben auf Thor abgewartet werden. Vorerst ist Kalium als der Gammastrahler anzunehmen, zumal die Strahlungsintensität ungefähr proportional dem Kaliumgehalt geht und die seit langem bekannte, verhältnismäßig weiche β-Strahlung des Kaliums für ein solches Verhalten spricht. Die Härte der Gammastrahlen läßt auf eine bisher unbekannte sehr harte Kern-β-Strahlung schließen, Kalium bildet also Calciumisotope. Die Untersuchungen (auch unter Tage) werden fortgesetzt und sind zunächst auf Rubidium und Caesium ausgedehnt worden. Für Rubidium konnte bereits eine Gammastrahlung wahrscheinlich gemacht werden.

Berlin, den 10. Dezember 1927.

WERNER KOLHÖRSTER.

Besprechungen.

Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. 8. Auflage. Bearbeitet von R. I. MEYER. Teil 2: Wasserstoff (Mitbearbeitet von E. PIETSCH, R. JOHOW, F. STRUWE, H. BÖTTGER und G. WILCKE). Preis RM 43.50. — Teil 5: Fluor (Mitbearbeitet von S. MUGDAN und G. WILCKE). Preis RM 11.—. Teil 6: Chlor (Mitbearbeitet von H. BÖTTGER, E. PIETSCH, R. SAHMEN, G. WILCKE, A. KOTOWSKI und F. STRUWE). Preis RM 68.—. Teil 13: Bor (Mitbearbeitet von H. VERMEHREN und F. STRUWE). Preis RM 22.—. Teil 19: Wismut (Mitbearbeitet von E. SCHÖN, R. SAHMEN und G. WILCKE; Radioaktive Isotope von O. ERBACHER). Preis RM 33.—. Teil 20: Lithium (Mitbearbeitet von E. HALLER, M. BOESE, R. SAHMEN und G. WILCKE). Preis RM 37.50. Leipzig: Verlag Chemie 1927. 18 × 26 cm.

Bekanntlich wird im Auftrag der Deutschen Chemischen Gesellschaft und mit Unterstützung der chemischen Industrie Deutschlands seit einer Reihe von Jahren an einer neuen Auflage des berühmten Handbuches der anorganischen Chemie von GMELIN gearbeitet. Die Redaktion führt R. I. MEYER, nach dessen Richtlinien eine von Jahr zu Jahr wachsende Zahl von Mitarbeitern den riesigen Stoff, nach den einzelnen chemischen Elementen geordnet, monographisch bearbeitet. Bis zur Druckreife sind zuerst die Bände „Zink", „Cadmium" und „Edelgase" gediehen, über die in dieser Zeitschrift **13**, 341. 1925; **14**, 1000. 1926, ausführlich referiert worden ist. Damals wurde die Erwartung geäußert, daß der vielversprechende Anfang, der mit diesen vorzüglichen ersten Bänden gemacht war, in den späteren Lieferungen eine gleichwertige Fortsetzung finden würde.

Diese Hoffnung ist durchaus in Erfüllung gegangen. Es sind inzwischen nicht weniger als sechs neue Bände erschienen, welche die Elemente *Wasserstoff*, *Lithium*, *Bor*, *Fluor*, *Chlor* und *Wismut* behandeln. Während naturgemäß die Fertigstellung der ersten Bände verhältnismäßig lange auf sich warten ließ, da die Arbeit erst organisiert werden mußte, ist das Tempo, in welchem die Bände nun die Presse verlassen, ein viel rascheres geworden. Dies ist äußerst erfreulich, da für zahllose Laboratorien und technischen Betriebe, nicht nur in Deutschland, sondern — wie man ohne Übertreibung sagen kann — auf der ganzen Welt, jeder neue Band des Gmelin mit seiner von der ältesten bis in die jüngste Zeit vollständigen Literaturübersicht ein mit Ungeduld erwartetes Hilfsmittel ist. In dieser Vollständigkeit der Literaturangaben lag seit jeher der größte Wert des Gmelin; auch in den neu vorliegenden Bänden sind diese wieder mit bewunderungswürdigem Fleiß zusammengetragen, wobei durch Zurückgehen auf die Originalarbeiten gleichzeitig auch die Zuverlässigkeit der Zitate so weit wie möglich gesichert worden ist. Es wird vermutlich den meisten Benutzern ebenso gehen wie dem Referenten, daß sie kleine Ungenauigkeiten und Lücken nur in den Abschnitten entdecken können, wo sie besonders genau informiert sind, und daß sich diese Mängel auch hier durchaus innerhalb der bei einem so gewaltigen Unternehmen unvermeidlichen Fehlergrenzen halten. Ein klein wenig mehr Beachtung verdienten vielleicht die historischen Angaben. So bringt leider der eben erschienene Teil 6 gleich im ersten Satz die Auftischung des alten Märchens von dem bereits im fünfzehnten Jahrhundert lebenden Benediktinermönch BASILIUS VALENTINUS, obwohl sogar KOPP, der

als Gewährsmann angeführt ist, in seinen späteren Schriften bereits die völlige Unrichtigkeit dieser Angaben betont — von den zahlreichen neueren historischen Forschungen ganz zu schweigen.

Die allgemeine Anordnung und Begrenzung des Stoffes ist dieselbe geblieben wie in den früher besprochenen Bänden, so daß sich ein neuerliches Eingehen darauf erübrigt. Sehr zweckmäßig ist die Einschaltung zusammenfassender Abschnitte, wie z. B. im Chlor-Band der Artikel über Chloride, Hypochlorite, Chlorate usw., wenn auch gelegentlich die Fülle der hier untergebrachten Einzeldaten die angestrebte Erhöhung der Übersichtlichkeit zum Teil wieder etwas gefährdet; eine Auswahl aus dem Zahlenmaterial und eine Beschränkung des ausführlichen Referierens auf jene Arbeiten, die sich tatsächlich mit den Gruppeneigenschaften befaßt haben, wäre hier vielleicht zu erwägen. Eine durch die Natur der Sache notwendige Erweiterung, die sich auch schon im Titel des betreffenden Bandes ausdrückt, ist bei dem Element Wismut hervorzuheben, dem ein Abschnitt über seine „radioaktiven Isotope" beigefügt ist. Es ist sehr zu begrüßen, daß der Herausgeber dem modernen Gedanken der Isotopie dadurch Rechnung getragen hat, daß im Gmelin nicht, wie in den meisten Lehr- und Handbüchern der anorganischen Chemie, alle radioaktiven Stoffe gemeinsam in einem besonderen Abschnitt behandelt, sondern daß bei jedem chemischen Element sofort auch seine radioaktiven Atomarten besprochen werden. Der Bearbeiter der radioaktiven Wismutarten hat es sehr gut verstanden die Materie nach der im Gmelin üblichen Einteilung (Geschichte, Bildung und Darstellung, physikalische und chemische Eigenschaften, Nachweis usw.) zu disponieren. Dem Zweck des Gmelin entsprechend sind namentlich die chemischen Untersuchungen über die radioaktiven Isotope des Wismuts hier so vollständig und übersichtlich dargestellt, wie nirgends zuvor in der radioaktiven Literatur. So bildet dieses Kapitel über Radium C, Thorium C, Actinium C und Radium E einen vortrefflichen Abschluß des auch im übrigen sehr gut gelungenen Wismutbandes.

Vom Standpunkt der Organisation des Unternehmens ist bemerkenswert, daß der Bearbeiter der Wismut-Isotope nicht zu den ständigen und hauptamtlich beschäftigten Mitarbeitern gehört. Wir haben hier also eine Rückkehr zu dem bei den meisten anderen Handbüchern üblichen Brauch, deren Beiträge von unabhängig arbeitenden Sachverständigen geliefert werden. Die größte Gefahr dieser Methode liegt in der möglichen Ungleichartigkeit der auf diese Weise zustande kommenden Artikel; sie läßt sich, wie das vorliegende Beispiel zeigt, vermeiden, wenn die Organisation der Redaktion stark genug ist und über genügend Hilfskräfte verfügt, um den auswärtigen Mitarbeitern den Stoff entweder schon in entsprechender Vorbearbeitung zu übergeben oder die einlaufenden Manuskripte nötigenfalls noch äußerlich zu redigieren. Und sie bietet den nicht zu unterschätzenden Vorteil, daß zur Bearbeitung von Spezialkapiteln das kritische Urteil der auf diesen Gebieten besonders erfahrenen Kollegen nutzbar gemacht werden kann. Niemand wird erwarten, daß die ständige Redaktion über spezielle Fachleute auf sämtlichen Gebieten und Nachbargebieten der anorganischen Chemie verfüge; aber jeder Leser des Handbuches wird es als sehr willkommen empfinden, wenn die Darstellung noch mehr bietet, als eine vortrefflich geordnete Zusammenstellung aller einschlägigen Arbeiten, nämlich auch eine sachverständige Führung durch den gesammelten Stoff.

Und dies gibt uns Anlaß zu einer abschließenden Bemerkung. Die Objektivität des Referierens geht in den vorliegenden Bänden stellenweise so weit, daß Angaben aus älteren Arbeiten noch pietätvoll in extenso gebracht werden, obwohl sie durch eine ebenfalls referierte neuere Arbeit offensichtlich bereits völlig entwertet sind. So wird etwa, um ein Beispiel zu nennen, bei der Besprechung der Chlor-Isotope aus der ersten Phil. Mag.-Arbeit Astons referiert, daß eine schwache Linie „auf das Vorhandensein eines dritten Isotops des Chlors deuten könnte". Dann folgt die scheinbar positivere Angabe: „Das dritte Isotop wird durch eine schwache Linie im Massenspektrum erkannt"; hierfür wird ein anderes Zitat angeführt, eine Nature-Notiz Astons, die aber in Wirklichkeit inhaltlich völlig identisch ist mit der schon zitierten ausführlicheren Arbeit im Phil. Mag. Und zuletzt folgt die Mitteilung, daß durch die neueste Arbeit Astons das dritte Isotop „ausgeschlossen" ist. Es wäre sicher mehr im Interesse der Zeit der Leser, wenn die frühere irrige Vermutung Astons im Text nur in Form dieser letzten Feststellung gebracht würde.

Wir haben schon oben erwähnt, daß auch wir den Hauptwert des Gmelin in der Vollständigkeit der Zitate sehen; und wir würden niemals die Satzungen der Redaktion so geändert wünschen, daß die ablehnende Kritik eines Gmelin-Mitarbeiters ihn zur Unterdrückung eines, wenn auch ganz wertlosen Zitates berechtigt. Aber ohne den Vorteil der Vollständigkeit aufzugeben kann durch die verschiedene Ausführlichkeit, mit der wertvolle und wertlose Arbeiten referiert werden, durch die Art der Gruppierung des Stoffes, und schließlich mit typographischen Hilfsmitteln eine ganz unaufdringliche und, wie wir glauben, auch innerhalb des Gmelin durchaus zulässige Kritik geübt werden. Tatsächlich gibt es bereits viele Abschnitte, und es sind gerade die besten, wo in sachverständiger Weise eine solche stillschweigende Kritik angewandt wird (z. B. bei der Diskussion der Atomgewichtsbestimmungen). Wir möchten glauben, daß in dieser Richtung die neue Auflage des Gmelin noch etwas weiter gehen könnte als bisher. (Um wieder auf die Chlor-Isotope zurückzukommen: Alle jemals vorgeschlagenen oder versuchten Trennungsmethoden werden wahllos hintereinander gebracht, während es doch so nahe gelegen hätte, die zwei einzigen Methoden, die ein Resultat ergeben haben, vorauszustellen und hervorzuheben.) Selbstverständlich kann diese kritische Sichtung nicht etwa der Herausgeber durch nachträgliche Revision des ihm von seinen Mitarbeitern vorgelegten Stoffes tun, sondern das Gewicht, das den verschiedenen Literaturstellen über dasselbe Thema beigelegt werden soll, muß schon vom ersten Bearbeiter auf Grund seiner Einsicht in die Originalliteratur festgesetzt werden. Hierzu gehört natürlich bereits beträchtliche Erfahrung; man wird sie von frisch eintretenden literarischen Hilfskräften nicht erwarten dürfen und so kann man nur wünschen, daß es dem Herausgeber gelingen möge, begabte Mitarbeiter recht lange zu behalten, damit sich unter den älteren ein Stab herausbilde, der befähigt ist, nicht nur die Literatur sorgfältig zu sammeln, sondern — wir wiederholen: unter Wahrung der Vollständigkeit! — den Stoff bereits so zu gruppieren, daß es dem Leser erleichtert wird, an der vielen Spreu vorbei rasch zum Weizen vorzudringen. Dann wird nicht nur die erschöpfende und übersichtliche Vermittlung des Materials, die wir alle am Gmelin so schätzen, gewahrt bleiben, sondern die Kunst der Darstellung und der klärende Einfluß, den das Werk ausübt, von Band zu Band steigen.

Fritz Paneth, Berlin.

BEHREND, FRITZ und GEORG BERG, **Chemische Geologie.** Stuttgart: Ferdinand Enke 1927. X, 595 S. und 61 Abbild. 16×25 cm. Preis geh. RM 38.—, geb. RM 40.40.

Die „Chemische Geologie" von BEHREND und BERG muß als ein außerordentlich wertvoller und willkommener Zuwachs des geologischen Schrifttums bezeichnet werden. Die zunehmende Bedeutung chemischer Betrachtungsweise und chemischer Arbeitsverfahren in den geologischen Wissenschaften kam bisher wesentlich zur Auswirkung in Spezialarbeiten und Monographien; es fehlte aber an einem zeitgemäßen Handbuche, in welchem die Ergebnisse der chemischen Geologie unter einheitlichem Gesichtspunkte zusammengefaßt und dargestellt werden. Das bekannte Handbuch von CLARKE (The Data of Geochemistry) bringt ja im wesentlichen eine Aufzählung rein analytischer Daten, das schöne Werk von VERNADSKY (La Geochimie) behandelt vor allem die Beziehungen der Organismen zu dem Kreislauf der Stoffe.

Die Verfasser, BEHREND und BERG, haben den Inhalt des Werkes in 6 Hauptabschnitte gegliedert, und die Bearbeitung derart verteilt, daß alle jene Kapitel der Geochemie, welche mit den magmatischen und metamorphen Vorgängen verknüpft sind, von G. BERG bearbeitet wurden, alle Erscheinungen der Verwitterung und der Sedimentbildung von F. BEHREND.

Im ersten Hauptabschnitt behandelt G. BERG die Chemie des gesamten Erdkörpers (die Geochemie), also die Chemie der Erdrinde, des Erdinneren, den Kreislauf der Elemente und endlich die Beziehungen zwischen Geochemie und Atomphysik. Es erscheint dem Referenten sehr erfreulich, daß moderne geochemische Gesichtspunkte der Darstellung dieses Kapitels in ausgezeichneter Weise zugrunde gelegt sind. Die Darlegungen des Verfassers über den Kreislauf der einzelnen Elemente werden sowohl dem Chemiker wie dem Geologen und Mineralogen reiche Anregung zu weiterer Forschung geben. Auf eine kleine Berichtigung zu diesem Kapitel sei kurz hingewiesen, auf S. 19 wird der Olivin der Erstkrystallisationen als Eisensilikat bezeichnet, es handelt sich offenbar um einen Schreibfehler; der Olivin der Erstkrystallisationen ist ja ein relativ eisenarmes Magnesiumsilikat.

Wenn zu diesem Kapitel von seiten des Referenten noch ein Wunsch geäußert werden könnte, wäre es der, daß bei einer späteren Neuauflage des Werkes eine ausführliche Darstellung von VERNADSKYS schönen Arbeiten über den Kreislauf vieler Elemente zugefügt würde, für den deutschen Leserkreis sind ja die meisten Publikationen von VERNADSKY nur schwer zugänglich.

Das zweite Kapitel, ebenfalls von G. BERG, bringt die Chemie des Magmas. Auf gedrängtem Raume wird eine zusammenfassende Darstellung der Chemie und Physikochemie der Eruptivgesteine gebracht, die besonders für den Geologen eine sehr wertvolle Einführung in dies wichtige Arbeitsgebiet bringt. Vielleicht hätte der verfügbare Raum es gestattet, auch das „Reaktionsprinzip" des amerikanischen Forschers N. L. BOWEN zu behandeln, ein Prinzip, welches für das tiefere Verständnis magmatischer Mineralbildung wahrscheinlich größte Bedeutung gewinnen wird.

Auch das dritte Kapitel, ebenfalls von G. BERG, das Auftreten und die Wirkungen magmatischer Gase, bringt eine ausgezeichnete Übersicht über dies Gebiet, von besonderem Werte auch für den Bergingenieur, der sich mit den Problemen der postmagmatischen Erzlagerstätten beschäftigt.

Der vierte Hauptabschnitt, von F. BEHREND, behandelt die Vorgänge der Verwitterung. Es ist mit besonderer Freude zu begrüßen, daß in dem ausgezeichneten Handbuche die Erscheinungen der Verwitterung so eingehend behandelt sind. Die Verwitterung der Gesteine und die daran anschließende Bildung der verschiedenen Bodenarten, des Substrates für alles höhere pflanzliche Leben, ist ja von größter praktischer Bedeutung für die menschliche Ernährung, und gerade die Anwendung chemischer und physikalisch-chemischer Betrachtungsweisen auf diese Vorgänge erweist sich als Grundlage von bedeutsamen Fortschritten unserer Erkenntnis.

Der fünfte Teil des Werkes, ebenfalls von E. BEHREND, behandelt die Bildung der Sedimentgesteine, dieser Abschnitt wird besonders dem Geologen und dem Paläontologen vielfache Anregung und Belehrung bieten; auch für die Vertreter der biologischen Wissenschaften werden die beiden letztgenannten Kapitel zweifellos von großem Werte sein.

Die Bildung von Lagerstätten nutzbarer Mineralien und Gesteine durch Vorgänge der Verwitterung und der Sedimentbildung wird ebenfalls eingehend erörtert; ebenso wie in den anderen Kapiteln des Werkes geben zahlreiche Literaturhinweise dem Leser die Möglichkeit, die grundlegenden Arbeiten von seiten der Spezialforscher schnell aufzufinden.

Der letzte Hauptabschnitt des Buches, von G. BERG, bringt eine Zusammenfassung des heutigen Wissens über die Chemie der Metamorphose, die physikochemische Umbildung von Gesteinen und Mineralien innerhalb der festen Erdrinde. Auch dieses Kapitel ist geeignet, der weiteren Forschung auf diesem reizvollen Sondergebiete neue Anregung zu geben und vermittelt sowohl dem Geologen wie dem Chemiker eine wertvolle Übersicht über unser heutiges Wissen.

Die Bedeutung der chemischen Geologie ist in neuerer Zeit immer offenkundiger hervorgetreten. Der Mineraloge, der Geologe, der Bergingenieur, ist genötigt, die Arbeitsgebiete der chemischen Geologie eingehend zu kennen. Auch der Chemiker, der die Herkunft und die Bildungsbedingungen seiner Rohstoffe kennen lernen will, ist gezwungen, zum mindesten die Grundzüge der chemischen Geologie zu beherrschen. Ganz offensichtlich ist auch die Wichtigkeit der chemisch-geologischen Forschung für die landwirtschaftliche Bodenkunde, und darüber hinaus auch für den Botaniker und den Zoologen.

Für den Volkswirt und für den Geographen, der die Rohstoffbasis der heutigen Wirtschaft zu kennen und zu verstehen wünscht, ist eine Kenntnis grundlegender chemisch-geologischer Tatsachen von größtem Nutzen. Es ist erfreulich, daß durch das Handbuch von BEHREND und BERG dem deutschen wissenschaftlichen Schrifttum ein Werk beschert worden ist, welches in hervorragendem Maße geeignet erscheint, nicht nur die weitere Forschung auf diesem wichtigen Gebiete wesentlich anzuregen und zu fördern, sondern auch den Vertretern der Nachbarfächer und den Männern des praktischen Lebens Gelegenheit gibt, die Ergebnisse der chemischen Geologie zu überblicken und zu verwerten. Ich möchte glauben, daß dem Buche auch außerhalb der Länder deutscher Sprache, gegebenenfalls in Übertragung, ein großer Leserkreis gesichert erscheint. V. M. GOLDSCHMIDT, Oslo.

LANGE, OTTO, **Chemische Technologie und ihre chemischen Grundlagen in leichtfaßlicher Form.** Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1927. XIX, 737 S. und 277 Abbildungen. 20×25 cm. Preis geh. RM 45.—, geb. RM 48.—.

Die vorliegende Technologie soll dem Nicht-

chemiker die Kenntnis von den chemischen Prozessen der Groß- und Kleinindustrie vermitteln. Für ihn bestehen die Beziehungen nicht, die dem Chemiker geläufig sind, er kann nicht die Frage nach Zusammenhängen stellen, sondern er wünscht sich Kenntnis darüber zu verschaffen, wie man einen Stoff, von dem er gehört hat, darstellt, welche Eigenschaften denselben dazu befähigen, dem Menschen zu dienen, er geht von den ihm bekannten Rohstoffen aus, er weiß von Wasser, Luft, Brennstoffen usw., er will wissen, welche ihm unbekannten Rohstoffe in jenen Bereichen liegen, welcher Umwandlungen sie fähig sind, welche Erzeugnisse sie liefern. Eine solche chemische Technologie muß mit elementarer Chemie und Physik durchsetzt sein, sie soll, und zwar ebenfalls an der geeignet erscheinenden Stelle, an Hand möglichst einfacher Bilder die Wirkungsweise, und *nur* diese, der einfachsten chemischen Apparate erläutern, sie darf nichts voraussetzen, was außerhalb des Rahmens der Hochschulvorstudien liegt. Aus dem Vorwort.

Technische Mitteilungen.

Der Stand des Hochdruckdampf-Problems. Nachdem in den letzten Jahren die wärmewirtschaftlichen Vorteile der Steigerung des Druckes und der Temperatur in Dampfkraftanlagen wiederholt auf theoretischem Wege nachgewiesen worden waren, kann man heute feststellen, daß auch die praktischen Folgerungen aus diesen theoretischen Untersuchungen nicht ausgeblieben sind. In den meisten industriell regen Ländern, voran natürlich den Vereinigten Staaten, deren Elektrizitätswerke über unbegrenzte Geldmittel für Versuchsanlagen verfügen, sind Kraftwerke in der Entstehung und zum Teil auch schon im Betriebe, deren Dampferzeuger mit wesentlich höheren Drücken arbeiten, als noch vor wenigen Jahren zulässig erschienen wäre.

Interessant ist vielleicht hierbei vor allem, daß man sich namentlich in den Vereinigten Staaten um die Bedenken der Konstrukteure gegen den Bau solcher Dampfkessel nach den bisherigen Regeln, d. h. gegen den Aufbau solcher Kessel aus einem beheizten Röhrensystem und zwei oder mehreren an die Enden der Röhren angeschlossenen Trommeln, nicht gekümmert und die Kessel ganz ruhig aus Blechen von 100 Millimeter und mehr dickem Stahlblech durch Nietung hergestellt hat. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten, die die Übertragung der Heizwärme durch so dicke Bleche und die Vermeidung einer Überhitzung der Bleche bedingten, ist man bei diesem Verfahren doch schneller zu praktischen Ergebnissen gelangt, als die neuen Verfahren, durch die diese Mängel vermeidbar gemacht werden.

Immerhin hat dieses Vorgehen den Vorteil gehabt, daß heute auch die gesamte Praxis vom Wert der Drucksteigerung in Dampfkraftanlagen überzeugt ist. Es gibt heute große Elektrizitätswerke in den Vereinigten Staaten, die nur noch mit 50 Atm. Anfangsdruck arbeiten und auf die nutzbar abgegebene Kilowattstunde außerordentlich wenig Wärme verbrauchen. Den Rekord hält zur Zeit das Edgar-Werk, dessen Kilowattstunde im Monatsdurchschnitt nicht mehr als 2660 Wärmeeinheiten der in den Staubbrennern verfeuerten Kohle kostet.

Für den Einsichtigen ist trotzdem klar, daß dieser Weg der Drucksteigerung unter Beibehaltung der gegenwärtigen Kesselbauarten nur eine Vorstufe für die endgültige Gestaltung der zukünftigen Hochdruckdampferzeugung darstellen kann. Das Ziel der heutigen Bestrebungen ist daher, einen Dampferzeuger zu schaffen, der, trotz der Beschränkungen, die der heutige Stand der Kesselbaustoffe der Beanspruchung des Materials bei hohen Temperaturen auferlegt, bei hohen Dampfdrücken mindestens die gleiche Explosionssicherheit aufweist, wie der bisherige bei wesentlich niedrigeren Drücken. Daneben muß man auch anstreben, die Baukosten der Kesselanlagen gegenüber den heutigen wesentlich zu vermindern, da nur auf diesem Wege eine Verbilligung des elektrischen Stromes erreichbar scheint. Denn schon heute stellt von dem Preis, den das Elektrizitätswerk für den Strom verlangt, ein erheblicher Teil den Anteil der Zinsen und Abschreibungen für die Kessel und Maschinen dar, und dieser Anteil würde sich, da die Maschinenanlage und ihr Zubehör bei einer Steigerung des Druckes teurer wird, noch erhöhen, wenn an der Kesselanlage nicht viel gespart werden könnte.

Es ist erfreulich, daß an der Entwicklung dieser neuen Verfahren zur Erzeugung von Hochdruckdampf, die bleibende Zukunftsaussichten bieten, deutsche Erfinder und deutsche Unternehmungen in hervorragendem Maße beteiligt sind, so daß man hoffen kann, den Vorsprung wieder einzuholen, den die amerikanischen Kraftwerke infolge ihrer besseren wirtschaftlichen Stellung erlangt hatten.

Eine sehr vollständige Übersicht über diese neueren Verfahren bot eine Versammlung, die die Vereinigung der Elektrizitätswerke, Berlin, zum Zweck der Aussprache über den heutigen Stand der Hochdruckdampferzeugung veranstaltet hat. Nach dieser Übersicht kann man sagen, daß es heute im ganzen vier verschiedene Verfahren dieser Art gibt, die schon über die ersten Versuche hinaus sind und geeignet erscheinen, in einer auf praktischer Grundlage durchgeführten Kraftanlage erprobt zu werden.

Als erstes sei das nach seinem Erfinder Benson bekannt gewordene Verfahren erwähnt, das zwar aus England stammt, dessen Durchbildung aber zum großen Teil durch die Siemens-Schuckertwerke erfolgt ist. Das Verfahren beruht auf dem Gedanken, daß man die verhältnismäßig große Wärmemenge, die zur Überführung des Wassers in Dampf bei den üblichen Drücken notwendig ist, sparen kann, wenn man diese Umwandlung bei den kritischen Verhältnissen, d. h. bei etwa 225 Atm. und 374° vornimmt. Da bei diesen Verhältnissen Wasser aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand ohne jene stürmische Volumenvergrößerung übergeht, die man bei den üblichen Kesseldrücken in den Kauf nehmen muß, so braucht man zur Durchführung des Verfahrens nichts als eine Rohrschlange, durch die man das Wasser mit dem erforderlichen Druck hindurchtreibt und die man derart beheizt, daß an einer bestimmten Stelle aus dem Wasser Dampf entsteht.

Nach Erprobung einer kleineren Versuchsanlage haben die Siemens-Schuckertwerke das Verfahren beim Bau eines Kessels angewendet, der in der Stunde 30000 kg Dampf von 180 Atm. und 425° liefert. Der Kessel speist eine Dampfturbine von 3000 kW. Leistung, die den Dampf noch mit 13 Atm. an das Heizdampfnetz der benachbarten Gummifabrik abgibt. Man kann schon jetzt sagen, daß bei dieser Anlage die Verbilligung der Baukosten in hohem Grad erreicht worden ist, da der Kessel im Vergleich zu seiner hohen Dampfleistung nur wenig Grundfläche beansprucht und fast ohne Mauerwerk hergestellt wird.

Ein anderes nicht minder bemerkenswertes und neuartiges Verfahren zur Erzeugung von Hochdruckdampf rührt von Prof. Dr. LÖFFLER, Charlottenburg, her. Dieses Verfahren geht darauf aus, jede Beheizung von Trommeln zu vermeiden, die unter hohem Druck stehen, und löst diese Aufgabe durch eine eigenartige Beheizung von innen mit Hilfe von Dampf, der durch eine Pumpe in Umlauf versetzt wird. Denkt man sich einen Kessel, der etwa halb mit Wasser gefüllt sei, zunächst etwas angewärmt, so daß sich ganz niedrig gespannter Dampf über dem Wasser gesammelt hat, und diesen Dampf nun ständig mittels einer Pumpe abgesaugt, durch eine geheizte Schlange geführt und dann wieder in das Wasser des Kessels hineingedrückt, so geschieht folgendes: Die Pumpe entnimmt dem Kessel stets gesättigten Dampf, der in der Schlange überhitzt wird und dann nach dem Wiedereinleiten in das Wasser des Kessels seine Überhitzungswärme an das Wasser abgibt, bevor er gesättigt wieder aufsteigt. Das Wasser wird also durch den Dampf geheizt und da die Pumpe sehr viel Dampf fördert, so erreicht der Druck im Kessel in ganz kurzer Zeit eine große Höhe.

Das Verfahren ist wirtschaftlich nur bei sehr hohen Dampfdrücken ausführbar, weil bei niedrigen Drücken der Kraftverbrauch der Pumpe die ganze mögliche Nutzleistung verzehren würde. Bei hohen Drücken ist dagegen das spezifische Dampfvolumen sehr klein, und da die Pumpe keine hohen Drücke zu überwinden hat, weil im Kessel und im Überhitzer fast gleiche Drücke herrschen, so beträgt der Kraftverbrauch der Pumpe z. B. bei 120 Atm. Betriebsdruck nicht mehr als 2—3% der nutzbaren Dampfleistung. Auch bei diesem Verfahren ist die Wärmezuführung in eine einfache Rohrschlange verlegt, die, obgleich sie hier nur Dampf enthält, gegen Explosion sehr sicher ist. Als besonderer Vorteil kommt hier in Betracht, daß diese Rohrschlange niemals durch Kesselstein verunreinigt werden kann, was den Wärmedurchgang behindern würde, weil nämlich die Pumpe nur den Dampf absaugt, der die festen Verunreinigungen des Wassers nicht enthält. Man könnte sogar sagen, daß Verunreinigungen des Kesselwassers bei diesem Verfahren nicht nur unschädlich, sondern sogar günstig sein können, weil sie sich innen an der Kesselwand absetzen und den Kessel gegen Wärmeverlust nach außen schützen helfen.

Eine nach diesem Verfahren arbeitende Anlage, die eine Dampfmaschine von 600 PS. Leistung versorgt, ist seit einiger Zeit in der Wiener Lokomotivfabrik Florisdorf anstandslos im Betrieb. Eine größere Kraftanlage ist im Eisenwerk Witkowitz in Mähren und eine Lokomotive für die Deutsche Reichsbahn bei der Berliner Maschinenbau-A.-G., vormals Schwartzkopff, im Bau.

Zu den sog. indirekten Beheizungsverfahren für Hochdruck-Dampferzeuger ist auch das Verfahren zu rechnen, das die *Schmidtsche Heißdampfgesellschaft*, Kassel, bekannt durch ihre grundlegenden Forschungen auf dem Gebiete der Verwendung von Hochdruckdampf, die diese Frage sozusagen erst ins Rollen gebracht haben, anwendet. Die innere Beheizung der Kesseltrommel, in der der hochgespannte Dampf erzeugt wird und die ganz außerhalb des Feuers liegt, erfolgt hier mittels einer in sich vollkommen geschlossenen Rohrschlange, die mit einem Teil ihrer Windungen im Feuer liegt und fast ganz mit destilliertem Wasser gefüllt ist. Der Dampf, der im geheizten Teil der Schlange entsteht, schlägt sich in dem im Kessel befindlichen Teil der Schlange nieder, da ihm hier Wärme für die Beheizung des Kesselwassers entzogen wird. Beim weiteren Umlauf wärmt das Wasser der Rohrschlange noch das Kesselwasser vor, bevor es in den Kessel eintritt, und gelangt dann wieder in den Feuerraum, wo der Kreislauf von neuem beginnt.

Die Deutsche Reichsbahn hat eine Schnellzuglokomotive, die bei der Firma Henschel & Sohn, Kassel, nach diesem Verfahren umgebaut wurde, seit mehreren Monaten eingehenden Prüfungen auf Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit unterworfen, die, wie kürzlich mitgeteilt wurde, sehr gut verlaufen sind. Die Reichsbahn verspricht sich von dieser Bauart die Möglichkeit, vorhandene Lokomotiven in verhältnismäßig einfacher Weise in Hochdruckmaschinen umzuwandeln, was große Ersparnis an Baukosten bringen würde.

Schließlich wäre noch das Verfahren des schwedischen Ingenieurs BLOMQUIST zu erwähnen, das darauf ausgeht, den Dampf in schnell umlaufenden Rohren zu erzeugen, die sehr widerstandsfähig gegen inneren hohen Druck sind und bei der ständigen Drehung sehr viel Wärme übertragen können, so daß man zur Erzeugung einer gegebenen Dampfmenge wenig Heizfläche braucht. Dieses Verfahren ist wohl das älteste von den besonderen Hochdruckdampfverfahren und in Schweden in mehreren kleineren Anlagen praktisch erprobt worden. In Deutschland beschäftigt sich die Sudenburger Maschinenfabrik mit der Herstellung solcher Dampfkessel, die in bezug auf die Baukosten gleichfalls Vorteile gegenüber den heute üblichen Systemen bieten. Besonders bemerkenswert ist es, daß es trotz der Schwierigkeiten, die Druck und Temperatur hier bereiten, gelungen ist, die Abdichtung der umlaufenden geheizten Rohre und ihre Sicherung gegen Verbrennung bei Wassermangel restlos und in einfacher Weise zu lösen.

Zu bemerken wäre noch, daß es nach dem heutigen Stande unserer Kenntnis der Wärmetechnik nicht unbedingt notwendig scheint, gleichzeitig Druck und Temperatur der Kraftanlagen zu steigern, um die aufgewandte Brennstoffwärme wirtschaftlicher auszunutzen; vielmehr genügt es, wenn man nur die Temperaturen erhöht, weil von dem ausgenützten Wärmegefälle und nicht von dem Druckgefälle der Wirkungsgrad des Kreisprozesses abhängt. Auf dem Gedanken, die Drucksteigerung zu vermeiden, die konstruktive Schwierigkeiten mit sich bringt, beruhen die Vorschläge, den oberen Teil des verfügbaren Temperaturgefälles mit Dämpfen von anderen Stoffen als Wasser auszunützen, die, indem sie verflüssigt werden, Dampf aus Wasser erzeugen. Der bekannteste dieser Vorschläge, der von dem Ingenieur EMMETT der General Electric Company herrührt, benutzt für die Oberstufe des Wärmeprozesses Quecksilber. Eine nach diesem Verfahren ausgeführte Kraftanlage ist schon seit einigen Jahren ohne Störungen im Betrieb. H.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.